موسوعة كنوز المعرفة



كيمياء

المجلد الأول

اشراف
الدكتور إميل بديع يعقوب

دار نظير عبود



مكتبة نرجس PDF
www.narjes-library.blogspot.com

إشراف
الدكتور اميل بديع يعقوب



الكيمياء

المجلد الأول

تأليف:
الدكتور نزار شفيق حمود
جامعة دمشق - كلية الطب

دار نظير عبود

دار نظير عبود

للطباعة والنشر والتأليف والترجمة والتوزيع

ص.ب.: ٨٠٦٦٩٦ ١١

هاتف: ٦٩٠٠٠١ ٠٣

جونيه - لبنان

الطبعة الرابعة

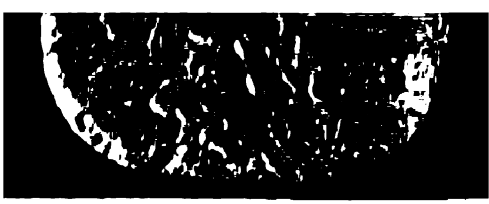
أيلول ٢٠٠٢

التنضيد والاخراج والتصوير

بروفيشينال برينتنغ بروداكشن ش.م.م

إذا نظرنا إلى الكون المحيط بنا لوجدناه مليئاً بأنواع لا حصر لها ولا عد من الأشكال والظواهر المختلفة، ولوجدنا أن لا مناص للإنسان إذا أراد أن يتعرف على هذا العالم المثير والمدهش، القائم بوجوده وعدمه، من أن يتبع منهج الملاحظة العلمية والقياس ومراكمة الأفكار والمفاهيم كي يصبح قادراً على إحداث التغيرات التي يطمح إليها.

ينتمي علم الكيمياء ـ ضمن منظومة العلوم المختلفة ـ إلى فئة العلوم الطبيعية كونه يهدف في جوهره إلى دراسة ظواهر ومواد الطبيعة وكيفية استخدامها والانتفاع منها. وفي واقع الأمر، بدأت صناعة الخزف والفخار منذ آلاف السنين وتعلم الإنسان كيفية الحصول على المعادن من مكامنها الطبيعية باستخدام طاقة احتراق الخشب والفحم الحجري لصهر وتنقية هذه المعادن ولصناعة السيراميك والزجاج. وقد كان ذلك للمرة الأولى في الصين وبلاد ما بين النهرين منذ ما يقارب ٣٥٠٠ عاماً قبل الميلاد.



قطعة حلي مصنوعة من الذهب والفضة والنحاس. تشير الى مدى تقدم صناعة التعدين في منطقة الهلال الخصيب (٣٣٠٠ ـ ٣٥٠٠ قبل الميلاد ـ تل براك) محفوظة في متحف حلب ـ سورية.



استخرج الباحـ
الكيميائية من
الكيميائي هنيغ
استخراجه للفوسـ

لقد ظهرت أولى النظريات الكيميائية في مصر، التي تشير كل الدلائل إلى أنها كانت المهد الذي احتضن هذا العلم فور ولادته. وفي حوالي ٥٠٠ ـ ٦٠٠ ق.م. انتقلت شعلة الكيمياء إلى اليونان الذي شارك عدد من فلاسفته في هذا المضمار كأرسطو Aristote الذي قال بأن كل الأشياء في العالم تتألف من أربعة عناصر هي (الأرض والهواء والنار والماء). أما ديمقريطس Democrite فكان أول من قال بأن المادة تتألف من ذرات متناهية في الصغر لا ترى بالعين المجردة. كما أسهم العرب الأوائل بالكثير من الإنجازات الكيميائية التي سوف نـ موجز. إلا أن ازدهار الكيمياء الحديثة القائمة على المعطيات الـ العامة المبهمة، لم يبدأ إلا بعد ذلك بمئات السنين. ففي القرن الـ الطبية الكيميائية على يد الطبيب السويسري بارازيلس racelse كتب يقول «إن الهدف من الكيمياء يكمن في تحضير الأدوية». كل المواد بما في ذلك الكائنات الحية تتألف من الأملاح (الجـ



العالم الفرنسي لافوازيه
Lavoisier



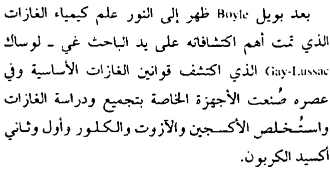
العالم الفرنسي غي ـ لوساك
Gay-Lussac

الكلية) والكبريت (الروح)، ولا ينتج المرض إلا جراء عوز الجسم لأحد هذه العناصر. ومن هنا فبالإمكان معالجة المرض بإعطاء الجسم الحي العنصر الذي يفتقده. لقد اشتهرت هذه الفترة من تطور الكيمياء والطب (القرن السادس والسابع عشر) باسم كيمياء الأطباء Iatrochimie (من اللاتينية: Iatro = طبيب). كما بدأ تطور الاتجاه الصناعي في علم الكيمياء في ذلك الزمن أيضاً.



العالم الفرنسي جوزيف بروست
Goseph Louis Proust

في النصف الثاني من القرن السابع عشر قام الباحث الإنكليزي بويل Boyle (١٦٢٧ ـ ١٦٩١) ولأول مـــرة بإطلاق مفهوم وحدة منشأ المركبات الكيميائية. كما قام بوضع مصطلح العنصر وتنظيم ومنهجة التحليل النوعي أو الكيفي وحاول شرح عمليات الاحتراق والتأكسد. وبذلك خرج علم الكيمياء في أوروبا الغارقة في ظلام العصور الوسطى آنذاك، من وصمة السحر والشعوذة التي كان يرزح تحتها، وتحوّل إلى علم معترف به (سبقه إلى ذلك العرب بنحو ألف عام على يد أبو الكيمياء جابر بن حيان (٧٣٠ ـ ٨١٥ م) يهدف ليس إلى تحويل المعادن إلى ذهب، بل إلى اكتشاف العالم المحيط واستشفاف مكنونات أسراره.



بعد بويل Boyle ظهر إلى النور علم كيمياء الغازات الذي تمت أهم اكتشافاته على يد الباحث غي ـ لوساك Gay-Lussac الذي اكتشف قوانين الغازات الأساسية وفي عصره صُنعت الأجهزة الخاصة بتجميع ودراسة الغازات واستُخلص الأكسجين والآزوت والكلور وأول وثاني أكسيد الكربون.



العالم الروسي مندلييف
Mendeleic

في بداية القرن الثامن عشر قام الطبيب والكيميائي الألماني شتال Stahl ١٦٥٩. ـ ١٧٣٤)، الذي كان يقوم بالأبحاث حول طبيعة النار بابتكار نظرية «مادة النار» التي استمرت مُعترفاً بها نحو ٥٠ عاماً كاملة. وقد اعتبر هذا

الباحث أن مادة النار عبارة عن مادة أساسية موجودة في كل المواد القابلة للاحتراق وهي تنطلق منها أثناء عملية الأشتعال. ووفقاً لمبادئ هذه النظرية فإن المعادن عندما تفقد «مادة النار» الموجودة فيها تتحول إلى كلس يمكن له إذا أضيفت إليه «مادة النار» مرة أخرى أن يتحول إلى معدن مرة أخرى. لقد سمحت هذه النظرية بالتحرر النهائي من مفاهيم أرسطو Aristote التي ما انفكت تجد لها مؤيدين في ذلك الزمن. إلا أنه كلما تقدمت دراسة خواص المواد كلما ظهرت التناقضات الحادة. ولم تستطع نظرية «مادة النار» ـ بطبيعة الحال ـ الصمود طويلاً أمام الاكتشافات الكيميائية الجديدة فتحولت إلى نظرية معيقة عملياً للتقدم الحاصل في مجال الكيمياء. وقد تم القضاء نهائياً عليها على يد العالم الروسي لومونوسوف Lomonossov (١٧١٣ ـ ١٧٦٥) وبعد ذلك بفترة وجيزة على يد العالم لافوازيه Lavoisier الفرنسي (١٧٤٣ ـ ١٧٩٤) اللذان قاما بإثبات أن الاحتراق هو عملية تفاعل كيميائي بين المادة و«دقائق الهواء» التي تبين فيما بعد أنها ذرات الأكسجين.

لقد استعمل لومونوسوف Lomonossov ولأول مرة طرق البحث الكمية لدراسة التفاعلات الكيميائية وقام بكتابة قانون انحفاظ الكتلة (١٧٤٨) الذي يؤكد على أن كتلة المواد الداخلة في التفاعل هي نفسها كتلة المواد الناتجة عن هذا التفاعل. وقد قام هذا القانون بدور رئيسي في إحداث التطور اللاحق الذي حصل على صعيد النظرية الذرية ـ الجزيئية في الكيمياء. وهكذا تحولت الكيمياء إلى علم دقيق يقوم على التجربة، ويستطيع التنبؤ بالظواهر المختلفة قبل حدوثها.

بعد ذلك قام الباحث الكيميائي الفرنسي بروست Proust (١٧٥٤ ـ ١٨٢٦) بوضع قانون «ثبات البنية» الذي يقول بأن كل مادة كيميائية وبغض النظر عن طريقة الحصول عليها تتمتع ببنية ثابتة دائماً.

أما العصر الحديث في عالم الكيمياء فقد بدأ على يد العالم الروسي مندلييف Mendeleïev الذي وضع في عام ١٨٦٩ القانون الدوري للعناصر الذي يُدعى كذلك الجدول الدوري. هذا الإنجاز الباهر الذي يعتبر أحد الأسس الهامة التي قامت عليها العلوم المعاصرة جميعاً. يقول هذا القانون بأن خواص العناصر والمواد المعقدة والبسيطة المتشكلة

منها تخضع لعلاقات دورية تبعاً للأوزان الذرية العائدة لها.

لقد تحولت فوضى المعلومات المتناقضة أحياناً المتعلقة بصفات وخصائص المواد الكيميائية والمركبات الناجمة عنها، إلى نظام دقيق للغاية، إذ سمح القانون الدوري ببناء نظام متدرج دوري يدمج في وحدة متكاملة كل العناصر. وبالإمكان القول بأن كل نجاحات الكيمياء المعاصرة والفيزياء الذرية بما في ذلك الطاقة الذرية واصطناع العناصر التركيبية، لم تكن لتصبح حقيقة واقعة دون اكتشاف جدول مندليف الدوري.

لقد أصبح علم الكيمياء في نهاية قرننا العشرين هذا، علماً ضخماً هائل الحجم والمعلومات وأصبح لا بد من تقسيمه إلى عدة اختصاصات أكثر دقة وأقل حجماً لتسهيل البحث فيه فكان أن قُسِّمَ هذا العلم إلى الكيمياء اللاعضوية chimie inorganique والكيمياء العضوية chimie organique التي تضم تحت لوائها الكيمياء الحيوية biochimie والمرضية biochimie clinique، تبعاً لطبيعة المادة المدروسة. وهناك الكيمياء الفيزيائية physico-chimie التي تحاول تفسير الظواهر الكيميائية على أسس القواعد الفيزيائية والمعطيات التجريبية وهي تضم الكيمياء الكوانتية chimie quantique والكهربائية Electrochimie والحرائكية Chimie-cinetique أما الكيمياء التحليلية Chimie analytique والغروانية Chimie des Colloides فقد درج العلماء على اعتبارهما علمين قائمين مستقلّين بحد ذاتهما.

الباب الأول

الكيمياء عند العرب

الفصل الأول

الجذور

مشعل الحضارة مشعل متنقل من يد لأخرى ومن شعب لآخر. لا يكاد ينطفئ في ناحية ليشتعل ولفوره في أخرى تبعاً لتقلبات التاريخ وواقع النصر والهزيمة، سواء أكان ذلك على صعيد السيف والدم أم على صعيد القلم والوعي.



من هذه الحقيقة البسيطة السهلة، ونظراً لأن التاريخ قد أبصر النور بين جنبات وطننا العربي. فلا بد لأي كان من أن يستنتج أن لشعوب هذه المنطقة التي شهدت فجر الكتابات التصويرية والمسمارية والأبجدية وأول الصناعات التعدينية، دوراً هاماً وكبيراً في ولادة مسيرة العلوم الأولى التي تقع الكيمياء في مقدمتها.

ولسنا نعلم على وجه اليقين من قام بتأسيس علم الكيمياء، أهم المصريون أم السومريون أم البابليون أم الفينيقيون؟ أم أن هذا العلم جاء محصلةً تقنيةً لجهود كل هذه الأقوام مجتمعة!! وهو الأمر الأغلب والأقرب للصحة والمنطق. إلا أنه من الثابت أن للمصر:

القدماء يداً عليا في هذا المجال نظراً لما وجد لديهم من برديات علمية كثيرة فيها معلومات كيميائية تتعلق بالتحنيط وسواه من العمليات التي كانوا يمارسونها يومياً.

وفي واقع الأمر، برع قدماء المصريين في بعض الصناعات كاستخراج العطور والسكر والزيوت والخمور وصناعة الزجاج وتلوينه ودباغة الجلود بأنواعها المختلفة وصناعة الطلاء والأصبغة. كما كان لهم دور عظيم في تحضير بعض أنواع السموم والأدوية، وصناعة التعدين كتعدين الذهب والنحاس الذي كانوا يستخرجونه بإرجاع كربون النحاس بواسطة الفحم.

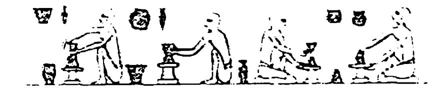
وقد كان قدماء المصريين دقيقين في أعمالهم الكيميائية، يستخدمون الموازين والمكاييل ويَصِفُونَ نسب المواد الداخلة في محضراتهم لعمل بعض الأدوية والسموم، الأمر الذي يعتبر محاولات بدائية أولية لأصول المنهج التجريبي الاستقصائي.

وليس أدل على براعتهم في مجال الكيمياء



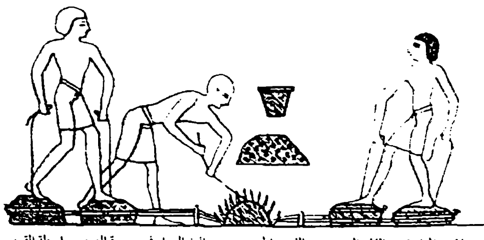
إلا شبه الإجماع الذي توصل إليه الباحثون في مجال تاريخ العلوم والذي يقول بأن أصل كلمة كيمياء هو مصري فرعوني قديم. يقول إدوارد ثورب في كتابه «تاريخ الكيمياء»: «إن كلمة كيمياء مأخوذة من شم «Chem» ويقصد بها الأرض السوداء.

ومعروف أن قدماء المصريين كانوا يسمون أرضهم كمت «Kam It» ومعناها الأرض السوداء. وكلمة كم تعطي مدلولاً أن أرض مصر أرض خصبة غنية في إنتاجها. وقد حور تحويراً بسيطاً في كلمة «كم» حتى أصبحت كيمياء وهي التي تعطي معنى





انتاج الأوعية الفخارية في مصر القديمة



استخلاص المعادن من الفلز الصخري والفحم الحجري ـ يتم نفخ الهواء في حجرة الصهر بواسطة القرب الجلدي.

الصنعة» كما يقول أ.ج. هوليمار في كتابه «المدعون في علم الكيمياء»: «إن كلمة الكيمياء عربية الأصل، إذ إن علماء العرب والمسلمين هم أول من أعطى علم الصنعة اسم علم الكيمياء، التي يقال لها بالإنكليزية Chemistry وبالفرنسية Chimie وبالإسبانية Al-chemie والراجح أن أصل هذه الكلمة مأخوذ من الكلمة المصرية القديمة كميت Kam-it التي كان يطلقها العرب على أرض مصر».

وللأسف، على الرغم من كل هذا الازدهار الذي كان عليه علم الكيمياء في عهد المصريين القدماء نرى أن معظم ذلك التراث العظيم قد فُقِدَ في دوامة التاريخ بسبب التصرفات اللامسؤولة التي كان يقوم بها حكام مصر الذين تعاقبوا على السلطة فيها. ومن ذلك أن مجموعة كبيرة من البحوث الكيميائية فُقدت بسبب قرار الامبراطور الروماني ديو كليس Diocles Diocletianus (٢٤٥ ـ ٣١٣ م) في سنة ٢٩٠ ميلادية الذي أمر بموجبه بتدمير جميع البحوث الكيميائية في جميع أنحاء الامبراطورية حتى لا يستطيع أحد جمع ثروة تمكنه من القيام بثورة ضده. إذ إن الكيمياء كانت في وهم الناس في ذلك العصر، العلم الذي يمكن عن طريقه تحويل



المعادن الرخيصة الى ذهب وفضة.

بعد هذه المرحلة التي تُعتبر المرحلة الأولى الأكثر قدماً في تاريخ الكيمياء، انتقلت شعلة هذا العلم إلى اليونان إلا أنها لم تسطع بنورها الوضاء إلا في الإسكندرية على أرض مصر نفسها. إذ بَزَّتْ الإسكندرية أثينا في هذا المجال لأن دور اليونان في حقل الكيمياء كان ضئيلاً، الأمر الذي يُفَسَّر بسهولة على ضوء اهتماماتهم الكبيرة في حقلي الفلسفة والهندسة. كما أن الرومان من بعدهم لم يتطرقوا لعلم الكيمياء إيماناً منهم بأنه مليءٌ بالخرافات. وبقي كل من اليونان والرومان يتداولون بعض الأفكار الصبيانية التي ورثوها عن علماء مصر وبابل. وقد دامت هذه الحال إلى بدء العهد الجديد في تاريخ

الكيمياء وهو عهد الفتوحات الإسلامية وتوحيد القبائل العربية تحت راية واحدة وصلت بهم إلى قمم جغرافية وعلمية لم يصلوا إليها من قبل قط. وقد نهل العلماء الأوائل منهم من مصادر رئيسية هي:

١) فارسية - ورائدها الحكيم حاماسف أو حاماسب. يشير إلى ذلك ابن النديم والطغرائي.

٢) مصرية قبطية - في العصر اليوناني ونخص بالذكر من روادها:

أ- زوسيموس (Zeusime). يشير إليه الرازي في كتابه «سر الأسرار» وهو من بلدة أخميم في صعيد مصر التي ازدهرت مدرستها في القرن الرابع الميلادي.

ب - مارية القبطية. يذكرها الرازي وابن النديم. كما عدها الطغرائي من مشاهير الحكماء ومن أرباب التصانيف في الصنعة الحكمية. لعلّها (النويري في نهاية الأرب).

ت - بليناس (Balinas Appolonius de Tyane) (٢٣ - ٧٩ م). ذكره جابر بن حيان في كتابه (الأحجار على رأي بليناس) وذكره التيفاشي في كتابه (عن الجواهر والأحجار الكريمة).

ولم يمض قرن واحد فقط من الزمن بعد فجر الإسلام إلا وتُرجمت الكتب الكثيرة في حقل الكيمياء بواسطة مترجمين يونان وسريان وفرس.

وكانت بغداد مركزاً للحركة الفكرية وملتقى العالم المتحضر في ذلك الوقت.

يقول جابر الشكري في كتابه «الكيمياء عند العرب»: يقول مؤرخو العالم إنّ الكيمياء ولدت في مصر وتبنتها مدرسة الإسكندرية ثم احتضنتها بغداد فأحسنت تربيتها وأوصلتها إلى مرتبةٍ جليلةٍ من مراتب الفكر والمعرفة ثم هاجرت من بغداد إلى الغرب».

لقد برز في حقل علم الكيمياء علماء أفذاذ مثل جابر بن حيان وابن سينا والجلدكي والمجريطي (المدريدي) وغيرهم.

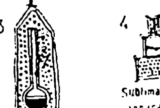
إلا أن الامير الأموي خالد بن يزيد بن معاوية (مات عام ٧٠٤ م) كان أول من أشاع الصنعة بين العرب والمسلمين باستقدامه علماء في الصنعة من مدرسة الإسكندرية كان على رأسهم ماريانوس (Marianus) وطلبه منهم أن يعلموه سر الصنعة ثم حَمْلَهُ إياهم على نقل الكتب من اللسان اليوناني والقبطي إلى العربية. وكل ذلك لمعرفة كيفية الحصول على الذهب من المعادن الأخرى.

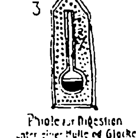
كما يعتبر الإمام جعفر الصادق ثاني المشتغلين في الكيمياء، وعلى أي حال، فإن خالد والإمام جعفر يعتبران المشعل الذي أضاء لجابر بن حيان والرازي وغيرهما طريق البحث والتجربة.

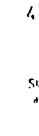
إنجازات الكيميائيين العرب

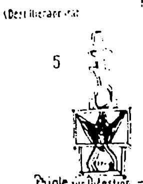
وُفِّق العرب إلى اكتشافات علمية وتركيبات كيميائية هامة. بالرغم من محاولتهم ـ كما حاول الذين من قبلهم ـ كشف الإكسير الذي يهب الحياة ويعيد الشباب، ومعرفة حجر الفلاسفة الذي يحول المعادن إلى ذهب. ومن هذه المكتشفات الهامة نذكر ما يلي:

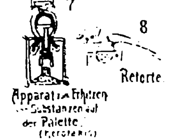
- حمض الآزوت HNO_3، وهو حمض قوي، يستعمل في صناعات مختلفة.
- الماء الملكي EAU REGALE، وهو مزيج كميات مُتعادلة حجماً من حمض الآزوت











صورة بعض الأجهزة الكيميائية مأخوذة من مخطوط سوري قديم.

١ ـ الأمبيق (جهاز لتقطير السوائل)
٢ ـ حجرة للغلي الطويل والمستمر
٣ ـ فيالة (دورق) للغلي الطويل في وعاء خاص بها يدعى بالجرس
٤ ـ جهاز التصعيد
٥ ـ فيالة (دورق) للغلي الطويل مع ملحقات خاصة بتركيز المواد
٦ ـ جهاز للحرق والتكليس
٧ ـ جهاز خاص بالتسخين مجهز لإبقاء المواد ساخنة على دفة معدنية أثناء العمل
٨ ـ المعوجة، جهاز خاص بالتسخين العالي جداً للمعادن والخزف

وحمض الكلور. وهو وحده، بين سائر الحموض، يستطيع أن يتفاعل مع الذهب.

- ماء الذهب، وهو ملح ناجم عن تفاعل حمض الكلور المتوافر في الماء الملكي مع الذهب.
- حمض الكبريت H_2SO_4 وهو أحد الحموض القوية وأكثرها استخداماً في الصناعة.
- الصودا الكاوية Na OH، وهو جسم أبيض كاو يُستعمل اليوم في صناعة الصابون والحرير الاصطناعي وسوى ذلك.
- كربونات الصوديوم Na_2CO_3 وكربونات البوتاسيوم K_2CO_3.
- اكتشف العرب الزرنيخ ARSENIC وهو جسم يَتَصعَّد بحرارة ٤٠٠ درجة مئوية، وإذا تأكسد يصبح ساماً.
- اكتشفوا الأثمد ANTIMOINE، الذي يستخدم اليوم في مزج المعادن، ولا سيما حروف المطبعة.
- اكتشفوا الكحول وحضروها إما مباشرة من المواد السكرية، وإما بطريقة غير مباشرة تقوم على تحويل المواد النشوية الى مواد سكرية، ثم تحويل هذه الأخيرة إلى كحول. فالعرب عرفوا إذاً التخمير FERMENTATION.
- القلويات LES ALCALIS، وهي ذات خصائص شبيهة بخصائص الصودا والبوتاس.
- النشادر: وهو أحد المركبات الآزوتية.
- نترات الفضة $Ag\ NO_3$، وهي المعروفة تجارياً وشعبياً باسم حجر جهنم.
- اكتشاف حمض الطرطير وتحضيره ACIDE TARTRIQUE، وهو حمض مُستخرج من الطرطير الذي هو مادة ملحية تَرسُبُ في قعر براميل الخمر.
- ممارسة عملية التقطير DISTILLATION.
- ممارسة عملية التصعيد SUBLIMATION. وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة إلى بخار، من دون أن تمر في مرحلة الصهر.
- ممارسة عملية التذويب FUSION، وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة إلى سوائل بتأثير الحرارة.
- ممارسة عملية التبلر CRISTALLISATION

أي اتخاذ دقائق بعض الأجسام اشكالاً هندسية ثابتة تتنوع بتنوع هذه الأجسام.

ـ ممارسة التبخير أي تحويل بعض الأجسام الجامدة الى بخار وتحويل كل السوائل إلى بخار بتأثير الحرارة.

- ممارسة عملية التكليس CALCINATION، وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة بواسطة الحرق الذي يجعلها تتفاعل مع أكسجين الهواء، الى مادة كلسية هي أكسيد الجسم المحترق.
- اكتشف العرب وسيلة لفصل الفضة عن الذهب، وتعيين عيار الذهب، في

السائلة والحلي التي تتألف من هذين المعدنين، بواسطة الحوامض القوية.

- عمد الكيميائيون العرب إلى تصنيف الأجسام الكيميائية، مراعين تشابه الخواص، فقسموها إلى معدنية ونباتية وحيوانية ومُشتقة. ونظراً إلى كثرة الأجسام المعدنية وتباين خصائصها فقد قسموا هذا الفئة إلى ست فئات أخرى، فكان لهذا التصنيف أثره في تصنيفات تشبه تلك التي حققها العلم الحديث.

لم يكتف الكيميائيون العرب باكتشافاتهم المتنوعة، إنما استخدموها في التطبيق العملي، كصناعة الفولاذ والأدوية ودبغ الجلود وصقل المعادن وتحضير العطور وصبغ الأقمشة وغير ذلك.

وتجدر الاشارة إلى أن عدداً كبيراً من مؤلفات العرب الكيميائية نُقلت إلى اللاتينية. وقد لجأ المترجمون إلى الاصطلاحات العربية، من الألفاظ العربية الأصل: الأمبيق ALAMBIC، القلي ALCALI، الأكسير ELIXIR الكحول ALCOHOL وغيرها.

ولا بد هنا من التوقف عند صناعة الورق وأبعادها في الأوساط العربية.

فلقد بدأت هذه الصناعة في الصين التي كانت تصنع الورق من بقايا الحرير باهظة الثمن. وكان هذا الواقع دافعاً وحافزاً لعلماء الكيمياء العرب كي يحاولوا الحصول على

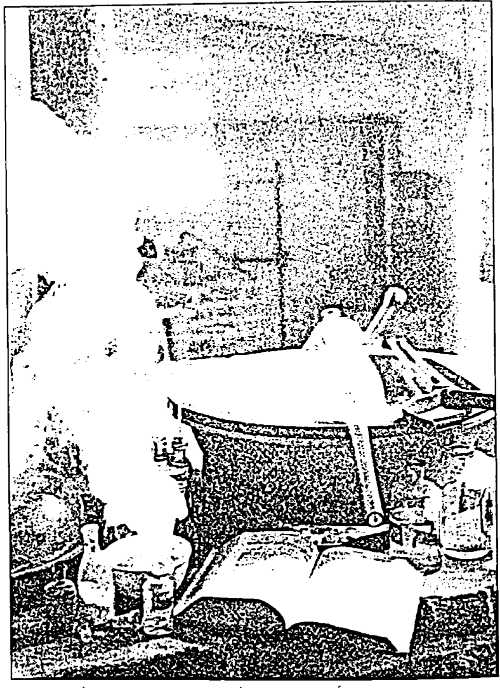


صورة لبعض الأجهزة الكيميائية مأخوذة من كتاب زوسيموس Zeusime «الكيمياء» أحد المراجع التي اعتمد عليها العلماء العرب.

هذا المُنتج الحضاري الهام من مصادر بخسة الثمن هينة في الوصول إليها. فما كان منهم إلا أن حَوَّروا هذه الصناعة وصنعوا الورق من القطن ثم وجدوا وبسرعة أن هذه المواد غالية الثمن أيضاً، فابتكروا صناعة الورق من النفايات القطنية والخرق البالية. وهذا الاكتشاف يُعَدُّ من أروع الاكتشافات العربية في عالم الحضارة الانسانية. ذلك أن الورق «الكاغد» أصبح متيسراً كماً ونوعاً وثمناً.

وغني عن الذكر أن الورق هو العامل الأساسي في نشر الكتابة بين الناس.

يقول ول ديورانت Durant Will في كتابه قصة الحضارة: نتيجةً للجهود العظيمة التي قام بها علماء العرب المسلمين، بدأت الكيمياء تأخذ صورة العلم الحقيقي، فهم أول من طَبَّق الوسائل العلمية على الظواهر الكيميائية. وبذلك أدخلوا التجربة الموضوعية في دراسة الكيمياء. وهذه في الحقيقة خطوة جيدة، بل



وحاسمة نحو التقدم عَمَّا كانت عليه الكيمياء عند اليونان من فروض مبهمة. ويستطرد ديورانت فيقول: «إن العرب أضافوا على علم الكيمياء أصالة البحث العلمي. وهذه الطريقة هي التي انتهجها أعظم علماء القرون الوسطى».

الفصل الثاني

علماء الكيمياء العرب

إن علماء العرب في مجال الكيمياء والنابغين بها أكثر من أن يُعدُّوا ويُحصوا في عجالة قصيرة كهذه.

لكننا وبغرض عدم الإطالة سوف نقتصر على بضعة أسماءٍ منهم كانت وما تزال بالنسبة لنا مصدر ثقة ومنبع فخر لن ينضب.

خالد بن يزيد

هو خالد بن يزيد بن معاوية بن أبي سفيان ابن حرب بن أمية بن عبد شمس بن عبد مناف أمه أم هاشم بنت عتبة بن ربيعة بن عبد مناف. عاش ما بين ٦٣٥ و٧٠٤ ميلادية.

لقد كانت فكرة تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب وفضة منتشرة بين العلماء أيام خالد ابن يزيد مما جعله يتأثر هو الآخر بها. فطلب مجموعة من مشاهير العلماء في حقل الكيمياء من مدرسة الإسكندرية راجياً من وراء ذلك النجاح في مشروعه.

يقول محمد فائز القصري في كتابه «مظاهر الثقافة الاسلامية وأثرها في الحضارة».

«... فقد استدعى الأمير خالد بن يزيد بن معاوية عدداً من علماء الإسكندرية إلى دمشق، وأغدق عليهم المال وأحسن لهم مطالبهم وكلَّفهم بالتجارب العلمية والترجمة للحصول على الذهب من مادة النحاس».

ويذكر أبو الفرج الاصفهاني في كتابه الأغاني أن خالد بن يزيد بن معاوية قضى مدة طويلة من حياته يطلب الكيمياء حتى أنه برز بهذا الميدان. وقد امتدحه القاضي أبو القاسم صاعد بن أحمد بن صاعد

الأندلسي في كتابه «طبقات الأمم» فقال «إن خالد بن يزيد بن معاوية كان متضلعاً في حقلي الطب والكيمياء».

مؤلفاته

١ ـ كتاب وصيته إلى ابنه في الصنعة
٢ ـ كتاب الحرارات
٣ ـ ثلاث رسائل في الصنعة احتوت إحداها على ما جرى بينه وبين ماريانوس ماريانوس
٤ ـ منظومة فردوس الحكمة في علم الكيمياء التي تحتوي على نحو من ثلاثمائة بيت، نذكر منها الأبيات التالية:

يا طالباً بوريطس الحكماء
يا منطقاً حقاً بغير خفاء
هو زئبق الشرق الذي هتفوا به
في كتبهم من جملة الأشياء
سَمّوه زهراً في خفاء رموزهم
والجن شغلاً أغمض الأسماء
فاذا أردت مثاله فأعد إلى
جسم النحاس وناره الصفاء
فامزجها مزج امرئ ذي حكمة
وأحكم مزاوجة الهوا بالماء
واسحق بمركبك الذي أزوجته
حتى تراه كزبدة بيضاء
سحقاً يفتته وينهك جسمه
من بدء من صبح إلى الإمساء



تعكس العمليات الكيميائية الممثلة بالرسوم على هذه المخطوطة العربية التأثيرات الثقافية المختلفة. فقد أخذ علماء الاسكندرية عن علماء مصر القدماء وأخذ العرب عن أهل الاسكندرية ثم نشروا علم الكيمياء في اوروبا في حوالي القرن الحادي عشر بعد أن حسّنوا فيه الشيء الكثير. لكنهم لم يتمكنوا جميعاً من التحرر كليًا من تأثيرات بعض النظريات التي كانت مليئة بالأسرار قائمة على الاعتقاد بأن الأشياء مسكونة بالأرواح.

واجمعه وادفنه ودعه بمرقد
حتى الصباح وغطه بغطاء
هذا المهاد لصنعة معروفة
هذي لعمرك بغية الحكماء
هذا الذي أعمى على كل الورى
هو من الحاد بالإعماء

فسكنه مبتهجاً في قربه
شمت بشمّ مُحكمه الأجزاء
وأتته في الشبه نسبة حذق
في مختص سجن له بوفاء
عطفه فيه فهو عنه كتمه
ترجو صبابته من الأعداء
وجعل فمبتث ذره موزونة
في جرمه لتشبيه الأحشاء

الإمام جعفر الصادق

هو أبو عبد الله جعفر الصادق. ينتمي بنسبه لعلي بن أبي طالب كرم الله وجهه. يقول أبو العباس شمس الدين العربي بن خلكان في كتابه (وفيات الأعيان وأنباء الزمان): أبو عبد الله جعفر الصادق بن محمد الباقر بن علي بن زين العابدين بن الحسين بن علي بن أبي طالب رحمة الله عليهم أجمعين.

يُعتبر الإمام جعفر الصادق بين مؤرخي العلوم من الرواد الأوائل في علم الكيمياء، كما أن له تلاميذ حملوا الرسالة وحفظوها من بعده وعكفوا على تطويرها حتى وصلت إلى منزلة مرموقة بين علوم المجتمع آنذاك. ومن بين هؤلاء التلاميذ، جابر بن حيان الذي لازم الإمام الصادق وتلقى على يده بعض علوم الفقه والدين والكيمياء. والذي تأثر بأستاذه الإمام جعفر لدرجة أنه كان يلقبه بـ(سيدي جعفر) وهو أمر طبيعي في ذلك الوقت. وكثير من المؤرخين في العلوم يؤيدون نجاح جابر بن حيان في حقل الكيمياء لأستاذه الإمام جعفر الصادق.

لُقب الإمام جعفر بالصادق لأنه لم يعرف عنه الكذب قط. وله أخبار مع الخلفاء من بني العباس وكان جريئاً صادعاً بالحق.

يذكر محمد يحيى الهاشمي في كتابه (الكيمياء في التفكير الإسلامي) نقلاً عن جابر بن حيان من كتابه الرحمة ما نصه: قال لي سيدي (الإمام جعفر الصادق) يا جابر: فقلت لبيك يا سيدي. فقال هذه الكتب التي صنفتها جميعها. وذكرتَ فيها الصنعة. وفصلتها فصولاً. وذكرت فيها من المذاهب وآراء الناس. وذكرت الأبواب وخَصَّصت لكل باب.... بعيد أن يَخلُصَ منها بشيء إلا الواصل. والواصل على غير محتاج إلى كتبك... ثم وصفت كتباً كثيرة في المعادن والعقاقير فتحير الطلاب وضيعوا الأموال. وكل ذلك من قبلك.... والآن يا جابر استغفر الله. وارشدهم إلى عمل قريب سهل. تكتفي به ما تقدَّم بك وأوضح...

جابر بن حيّان الأزدي

هو أبو عبد الله جابر بن حيان، عاش في الفترة ٧٣٠ ـ ٨١٥ م. اختلف النسَّابون في نسبه فذهب بعضهم إلى أنه حراني من بيت سنان بن ثابت. وذهب ابن النديم صاحب «الفهرست» إلى أن جابر بن حيان من طوس إحدى مدن خراسان. وقال آخرون إنّ جابراً عربي الأصل من قبيلة الأزد في اليمن. عاش أبوه في الكوفة في أواخر عصر بني أمية وكان صيدلانياً.

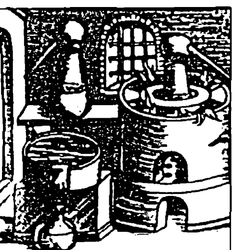
يعتبر جابر بن حيان مؤسس علم الكيمياء بدون منازع. ويظهر ذلك من مؤلفاته الأصلية الكثيرة. ولقد بنى جابر معلوماته الكيميائية على التجارب والاستقراء والاستنتاج العلمي. يقول ج مور G. Moore في كتابه «تاريخ الكيمياء»: «من الصعب جداً بل من المستحيل تقديم تاريخ متكامل لعلم الكيمياء، بدون دراسة إنتاج جابر بن حيان دراسة وافية، حيث إن جابر المعروف عند الغرب باسم «Geber» قام بأعمال تمتاز بدقتها ولكن مع الأسف فإن معظم هذه الثروة الثمينة لا تزال مخطوطة باللغة العربية ومقبورة في مكتبات العالم».

ونستطيع تلخيص منهج جابر بن حيان العلمي بالخطوات التالية:

١ ـ أن يستوحي العالم من مشاهداته فرضاً ليُفسر الظاهرة المراد تفسيرها.

٢ ـ أن يستنبط من هذا الفرض نتائج تترتب





صورة لأجهزة وعمليات كيميائية مأخوذة من أحد كتب جابر بن حيّان.
يميناً تسخين وإذابة المواد باستخدام الحوض المائي الكبير.
يساراً فصل السوائل بالغلي على حوض رملي ومائي، ومجففة تعمل بواسطة النسيج الصدفي

عليه من الوجهة النظرية البحتة.

٣ ـ أن يعود بهذه النتائج إلى الطبيعة ليرى هل تصدق أم لا على مشاهداته الجديدة. فإن صدقت تحول الفرض إلى قانون علمي.

لقد حاول علماء أوروبا في العصر الحديث، العاملون في مجال الكيمياء، المستحيل لإثبات أن نظرية الاتحاد الكيميائي القائلة بأن هذا الاتحاد يتم باتصال ذرات العناصر المتفاعلة مع بعضها، من عمل جون دالتون John Dalton (١٧٦٦ ـ ١٨٤٨). ونسوا أو تناسوا أن جابر بن حيَّان قد سبقه إليها بأكثر من ألف سنة كاملة. حيث نراه يقول ما نصه ـ «يظن البعض خطأً أنه عندما يتحد الزئبق والكبريت تتكون مادة جديدة في كليتها، والحقيقة أن هاتين المادتين لم تفقدا ماهيتهما، وكل ما حدث لهما أنهما تجزأتا إلى دقائق صغيرة وامتزجت هذه الدقائق مع بعضها فأصبحت العين المجردة عاجزة عن التمييز بينهما، وظهرت المادة الناتجة من الاتحاد متجانسة التركيب. ولو كان في قدرتنا الحصول على وسيلة نفرق بها بين دقائق النوعين لأدركنا أن كلاً منهما محتفظٌ بهيئته الطبيعية الدائمة ولم يتأثر مطلقاً»...

مؤلفاته

إن لجابر بن حيان العديد من المؤلفات الكيميائية التي نذكر منها:

١ ـ كتاب الدرة المكنونة. في المتحف البريطاني ـ مجموعة رقم ٢٣٤١٩.

٢ ـ كتاب الخواص. في المتحف البريطاني ـ رقم ٤٠٤١ ـ المجموعة رقم ٢٣٤١٩.

٣ ـ كتاب الموازين.

٤ ـ رسالة في الكيمياء. منها نسخة في مكتبة القاهرة.

٥ ـ كتاب السموم.

٦ ـ كتاب صنعة الكون.

الرازي

هو أبو بكر محمد بن زكريا الرازي. عُرِفَ عند الغرب باسم رازيس «Rhazes». ولد في الري، وهي مدينة صغيرة تقع جنوب شرق طهران الحالية. ولقب بالرازي نسبةً إلى مسقط رأسه هذا. عاش بين ٨٦٤ و٩٣٢ ميلادية.

كان الرازي طبيباً عبقرياً إضافة إلى تفوقه في علم الكيمياء. وهذا يَظهر في إنتاجه العلمي في هذين الميدانين.

ويعتبر الرازي من أوائل الأطباء الذين استخدموا معلوماتهم الكيميائية في الطب.

وقد لخص فرات فائق في كتابه «أبو بكر الرازي»، مآثر هذا الباحث فكان أن جاءت في البنود التالية:

١ ـ وصف التجارب العلمية وصفاً دقيقاً مبنياً على التفاعلات الكيميائية.

٢ ـ اعتبار التجربة في الكيمياء أساساً للتأكد من صحة الأعمال الكيميائية.

٣ ـ اعتبار دور المستحضرات الكيميائية في الطب أساساً لعلاج المرضى.

٤ ـ تحضير بعض الأحماض مثل حمض الكبريتي بتقطير الزاج الأخضر وسَمَّاه زيت الزاج.

٥ ـ الحصول على الكحول بتقطير المواد السكرية والنشوية واستعماله كمطهر ومذيب لاستخراج العقاقير.

٦ ـ قياس الوزن النوعي للعديد من السوائل، مستخدماً ميزاناً خاصاً بذلك سَمَّاه الميزان الصنعي.

من مؤلفاته:

١ ـ كتاب التدبير.

٢ ـ كتاب السر.

٣ ـ كتاب سر الأسرار.

٤ ـ الرد على الكندي في رده على الكيمياء.

٥ ـ كتاب الإكسير.

المجريطي

عاش أبو القاسم مسلمة أحمد المجريط المعروف بالمجريطي فيما بين ٩٥٠ ـ ١٠٠٨ م. ولُقب بالمجريطي لأنه ولد في مجريط (مدريد ـ عاصمة إسبانيا اليوم). ولكنه انتقل إلى قرطبة حيث توفي هناك. كان المجريطي يحب الأسفار حول العالم بحثاً عن كبار العلماء للنقاش معهم والمداولة في آخر ما توصل إليه في الرياضيات والكيمياء والحيوان. وكانت مدرسة المجريطي في قرطبة عبارة عن معهد علمي يضم العلوم البحتة والتطبيقية.

يقول عمر فروخ في كتابه (تاريخ الفكر العربي إلى أيام ابن خلدون): «أنجب المجريطي تلاميذ كثيرين، أنشأ بعضهم مدارس علمية في جميع أنحاء الدولة الإسلامية في المغرب العربي بما في ذلك الأندلس. ومن أشهر هؤلاء التلاميذ أبو القاسم الغرناطي وأبو بكر الكرماني وغيرهما كثير». للمجريطي في الكيمياء أعمال جيدة تدل على مدى عنايته بالأمور العلمية وتضلعه بها. يقول عبد الرزاق نوفل في كتابه (المسلمون والعصر الحديث) نقلاً عن أبي القاسم المجريطي: «لا يجوز لأي رجل أن يدعي العلم إذا لم يكنُ ملماً بالكيمياء. وطالب الكيمياء يَجبُ أن تتوفر

فيه شروط معينة لا ينجح بدونها، إذ يلزمه أن يتثقف أولاً في الرياضة بقراءة إقليدس وفي الفلك بقراءة المجسطي لبطليموس، وفي العلوم الطبيعية بقراءة أرسطو، ثم ينتقل إلى كتب جابر بن حيان والرازي ليتفهمهما. وبعد أن يكون قد اكتسب المبادئ الأساسية للعلوم الطبيعية يجب عليه أن يُدَرِّبَ يديه على إجراء التجارب وعينيه في ملاحظة المواد الكيميائية وتفاعلاتها وعقله على التفكير بها».

من مؤلفاته:

١ ـ كتاب رتبة الحكيم في الكيمياء.
٢ ـ كتاب غاية الحكيم في الكيمياء.
٣ ـ كتاب الأحجار.
٤ ـ كتاب مفخرة الأحجار الكريمة.

الطغرائي

هو أبو إسماعيل مؤيد الدين الحسين بن علي الأصبهاني المعروف بالطغرائي. ولد في مقاطعة أصبهان في مدينة جي. عاش فيما بين ١٠٦١ ـ ١١٢١ ميلادية. وهو من أحفاد أبي الأسود الدؤلي.

للطغرائي اكتشافات كيميائية كثيرة تتضح من قول علي أحمد الشحات في كتابه (مكانة العلم والعلماء في الإسلام) ـ «والعلماء العرب ـ الجلدكي والطغرائي وابن حيان وابن سينا والرازي ـ وهم أول من اكتشف وصَنَّفَ الزئبق والكبريت والزرنيخ ونترات الفضة وبعض مركبات الكبريت مع الحديد والذهب والأمونيا وحامض الكلور والقلويات وحمض الطرطريك والصودا الكاوية وكربونات الصوديوم الخ...

لقد بقي كتاب المصابيح والمفاتيح للطغرائي مرجعاً يُستدل به، لما يحتويه من نظريات في علم الكيمياء. ولقد اهتم أبو اسماعيل الطغرائي بالنظريات الكيميائية الكثيرة الاستعمال آنذاك، والتي تعتبر جزءاً لا يتجزأ من النظريات الحديثة التي تستخدم الآن في جميع المقررات التعليمية.

كان الطغرائي شاعراً مبدعاً. وله ديوان في الشعر نقل لنا جابر شكري في كتابه (الكيمياء عند العرب) بعضاً من أبياته:

عرفتُ أسرار الخليقة كلها
علماً أنار لي البهيم المظلما
وورثت هرمز سر حكمته الذي
ما زال ظناً في الغيوب مُرَجّما
وملكت مفتاح الكنوز بحكمة
كشفت لي السر الخفي المُبهما

وفي موضع آخر يقول:

أُعلل النفس بالآمال أرقبها
ما أضيق العيش لولا فسحة الأمل

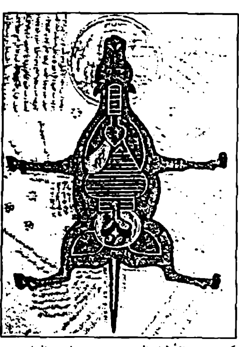
لم أرض بالعيش والأيام مقبلة
فكيف أرضى وقد ولّت على عجل
تقدمتني أناسٌ كان شوطهم
وراء خطوي إذ أمشي على مهل
وإن علاني من دوني فلا عجب
لي أسوة بانحطاط الشمس عن زحل
أعدى عدوك أدنى من وثقت به
فحاذر الناس واصحبهم على دخل
وحسن ظنك في الأيام معجزة
فظُنَّ شراً وكُن منها على وجل

من مؤلفاته:

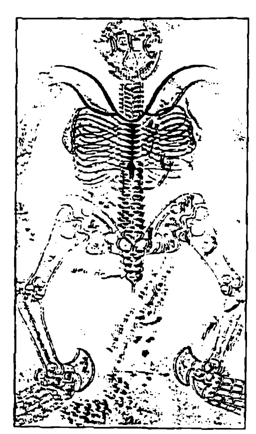
١ ـ جامع الاسرار في الكيمياء.
٢ ـ الجوهر النضير في صناعة الإكسير.
٣ ـ الرد على ابن سينا في الكيمياء.
٤ ـ رسالة ماريا بنت سابه الملكي القبطي في الكيمياء.

ابن سينا

هو أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، الملقب بالشيخ الرئيس لعلو كعبه في العلم والفلسفة. يسميه الغربيون Avicenna. ولد في سنة ٩٨٠م وكانت وفاته سنة ١٠٣٧ م. تميز ابن سينا بنزعته الاستقلالية المتحررة من سطوة التقليد والتقيد بآراء من سبقوه دون بحث أو تمحيص. كما كان يعول على عقله ومنطقه في إخلاص ونزاهة وعلى خبراته وتجاربه التي أحلَّها في دراساته مكاناً مرموقاً. ودفعه ذلك إلى محاربة التنجيم وبعض جوانب الكيمياء المتعلقة بصفة التحويل Transmitation. ويصعب القطع بأن لابن سينا دوراً فعالاً في الكيمياء أو أنه شارك فيها بمؤلفاته وبحوثه على نحو ما فعل في الطب أو الفلسفة. وإن كان البعض يعزو إليه كتباً في الكيمياء تُرجمت إلى اللاتينية: فوايدمان مثلاً ينسب إليه كتاباً عنوانه «مرآة العجائب» كما ينسب إليه البعض الآخر رسالة تُعرف باسم «رسالة في الإكسير» أو «رسالة في أمر مستور الصنعة». وآراء ابن سينا الكيميائية بالنسبة لما كان شائعاً من الكيمياء إذ ذاك، نطالعها في كتابه «الشفاء» الذي كتبه في سنة ١٠٢٢ م وَعدَّهُ العالم جورج سارتونان أكثر الكتب الكيميائية ـ في الشرق والغرب ـ نفوذاً وتأثيراً فيما بعده من آراء. وهو يذهب في هذا الكتاب إلى أن المعادن أنواع مختلفة لجنس واحد، ولما كان من المستحيل تحويل نوع من الكائنات إلى نوع آخر، كتحويل نوع من الحيوانات إلى غيره، فكذلك يستحيل تحويل الرصاص إلى الذهب أو الفضة. ويحتفظ كل معدن بصفاته الذاتية التي تميزه عن غيره من المعادن. يقول ابن



كان بعض الأطباء العرب يتحرجون من التشريح. مع ذلك لا يكاد يخلو كتاب طبي من الأمور التشريحية التي بحثها كبار الأطباء كابن سينا والرازي وعبد اللطيف البغدادي. من كتب التشريح كتاب المنصوري لمنصور بن محمد سنة ١٣٩٦ والصورة من مخطوط له في القرن ١٥. أما الحيوان فأكثر ما اهتموا بتشريح الخيل كما نرى في رسم لمخطوط رسم في مصر في القرن ١٥.



سينا عن المعادن «إن لكلٍّ منها تركيباً خاصاً لا يمكن أن يتغير بطرق التحويل المعروفة... وإنما المستطاع هو تغيير ظاهري في شكل الفلز وصورته وصبغ النحاس بلون أبيض فيبدو كالفضة، والفضة بلون أحمر فتظهر كالذهب». ثم يقول وقد يصل هذا التغيير حداً من الإتقان يُظن معه أن الفلز قد تحول إلى غيره... ولكن الصبغ في حقيقته لا يحول فلزاً إلى غيره».

ويبين ابن خلدون ذلك في مقدمته (ص ٥٢٧) «... والذي ذهب إليه ابن سينا وتابعه عليه علماء المشرق أنها مختلفة بالفصول وأنها أنواع متباينة كل واحد منها قائم بنفسه متحقق بحقيقته له فصلان وجنسٌ من شأن الأنواع. وبنى أبو علي بن سيناء على مذهبه في اختلافها بالنوع إنكار هذه الصفة واستحالة وجودها بناءً على أن الفصل لا سبيل بالصناعة إليه وإنما يخلقه

خالق الأشياء ومقدِّرها وهو الله عز وجل، والفصول مجهولة الحقائق رأساً بالتصور فيكيف يحاول انقلابها بالصفة.

وابن سينا في ذلك على خلاف مع من تقدموه أو عاصروه ومع من جاءوا بعده ممن دافع عن صناعة الكيمياء وإمكان التحويل. فقد «ذهب أبو النصر الفارابي ـ من قبل وتابعه حكماء الأندلس ـ أنها ـ أي المعادن ـ من نوع واحد وأن اختلافها إنما هو بالكيفيات من الرطوبة واليبوسة واللين لذلك النوع الواحد. وبنى أبو بنصر على مذهبه في اتفاقها بالنوع إمكان انقلاب بعضها إلى بعض لإمكان تبدل الأعراض حينئذٍ وعلاجها بالصنعة. فمن هذا الوجه كانت صناعة الكيمياء عنده ممكنة». ومن المعلوم أن الطغرائي قد ألف كتابه «حقائق الإشهادات» يرد فيه على ابن سينا فيما ذهب إليه بهذا الخصوص.

ولابن سينا بحوث في الجيولوجيا والمعادن وهو يرى رأي جابر بن حيان من حيث إن طبيعة المعادن اتحاد زئبق بكبريت بعد أن يكونا بلغا الدرجة القصوى من النقاوة.

ويُعَدُّ ابن سينا من أعلام المسلمين الذين سبقوا إلى وضع أصول المنهج التجريبي وقواعد البحث في العلوم الطبيعية فسبق في ذلك بيكون وجون ستيورات وغيرهما.

حتى لقد ذهب الكثيرون من مؤرخي العلم إلى القول بأن ابن سينا يعد من أعظم علماء الدنيا على الإطلاق كما لقبه الآخرون بأرسطو العرب.

أبو المنصور الموفق

عاش أبو المنصور الموفق بن علي الهراوي زمن الأمير منصور بن نوح الساماني الذي حكم في الفترة ما بين سنة (٩٦١ ـ ٩٧٦) ميلادية. وقد جاب أبو المنصور أقطار الهند وفارس طلباً للعلم وكتب في الفترة من سنة ٩٦٨ إلى سنة ٩٧٧ كتاباً شهيراً في الصيدلة بعنوان «الأبنية في حقائق الأدوية» يعد من أعرق المؤلفات في موضوعه. وقد ظهرت في هذا المؤلف معارف اليونان والسريان



والهند وفارس. وقد صنف في هذا الكتاب الأدوية أقساماً أربعة، بحسب تأثيراتها وذكر فيه ما يقرب من ٥٨٥ دواءً منها ٤٦٦ مشتقاً من النبات، ٧٥ من المعادن و٤٥٥ دواء مستخلصاً من مشتقات حيوانية. وقد ضمن أبو المنصور كتابه هذا الكثير من المعلومات الكيميائية الواضحة.

يقول هوليمارد: «من المحتمل أن يكون أبو المنصور هذا هو أول من ميز بوضوح بين كربونات الصوديوم «النطرون» وكربونات البوتاسيوم «القلي» وهو يذكر طريقة تحضير القلي من رماد بعض النبات ويصفه بأنه ملح متمايع كاو، وتوصل إلى أن النحاس، متى عُرِض للهواء، تغطيه غالباً طبقة خضراء تستحيل بالتسخين إلى مادة سوداء تفيد في صبغ الشعر باللون الأسود، وأن الجبس متى سُخن يتحول إلى نوع من الجير إذا خلطناه بزلال البيض تتكون لدينا مادة لصق قوية تفيد كثيراً في علاج كسر العظام. كما توصل أبو المنصور الموفق إلى معرفة أن مركبات النحاس، وخصوصاً الزاج الأزرق، ومركبات الرصاص وخصوصاً الرصاص الأبيض (الذي يُجلبَ أفضل أنواعه من أصفهان) سامّة.

ويصف أبو المنصور أكسيد الزئبق بأنه مسحوق أحمر نقي، كما كان على علم بحامض الساليسيليك الذي يستخرج من غاب الخيزران، وعرف أكسيد النحاس والأنتيموني (حجر الكحل) وبين كيفية تحضير الأدوية بالتقطير والتصعيد. كما ذكر أيضاً عملية تقطير ماء البحر.

إن ما كتب أبو المنصور الموفق يُعَدُّ بحق من أدق وأروع ما شهدته الكيمياء العربية حتى الآن، وبرغم أن مؤلفه الشهير كان في الطب إلا أنه قد حوى إلى جانب ذلك كثيراً من المعلومات الغزيرة حول خواص الجواهر المعدنية وكيفية تحضيرها. ومن الواضح تماماً أنه كان ذا قدم راسخة في الكيمياء كما أن كتاباته تعرفنا بنواح مختلفة من كيمياء تلك الفترة.

أبو القاسم محمد بن أحمد العراقي

عاش في النصف الثاني من القرن الثالث عشر. ولقد كان العراقي كيميائياً بارعاً وهو صاحب الكتاب المشهور «العلم المكتسب في زراعة الذهب» الذي نلمس فيه دفاعاً حاراً عن نظرية تحويل المعادن، وتدعيماً لها بإيراد تجارب العلماء السابقين حتى اليونانيين منهم. وقيمة هذا المؤلف الكبير تتضح في أنه يعطي صورة جلية لكيمياء القرن الثالث عشر.

والعراقي يبين إمكان «التحويل» بطريقة



درس ابن البيطار نباتات المغرب والمشرق وبخاصة في كتابه (الجامع في مفردات الأدوية والأغذية) وهو معجم هجائي فيه أكثر من ١٤٠٠ عشب دوائي لا يقل ما اكتشفه ابن البيطار منها عن ٣٠٠. كان يصور النباتات بالألوان. مع ذلك ظل لكتاب ديسقوريدس اليوناني القديم رواجه. رسم الكرمة هذا مأخوذ من مخطوط فارسي من القرن الخامس عشر يحوي الترجمتين العربية والفارسية له.

منطقية تتفق مع ما هو معروف من أفكار عن أصل الكون وطبيعة المعادن، كما يبين أن لفعل النار أثراً كبيراً في إمكان التحويل. وهو يرى من الضروري أن تعدل من تأثير النار بإضافة أكسير أبيض أو أحمر على المواد المختلفة أثناء عملية التفاعل. وأخيراً يوضح طريقة عمل الأكسير ويثبت في ذلك آراء كثيرة لا تخرج في مجموعها عن آراء المتقدمين من المسلمين.

وأهمية العراقي، كما يقول هو ليارد «تكمن في تفكيره المنطقي المُنَسَّق الذي لازم مناقشاته للقضايا الكيميائية، وذلك التفكير الذي دعمه في كل خطوة بخطوها بوقائع تجريبية لاحظها بنفسه أو أجراها في المعمل. ومما هو جدير بالملاحظة والتقدير في أمر هذا العالِم تحرره التام من السحر والغموض ومن العناصر الغيبية التي أصبحت السمة المميزة لموضوع الكيمياء، خاصةً إذا ما قارناها بما كانت عليه في العصور الوسطى في أوروبا، وإن كانت آراؤه في مجموعها لا تمثل تقدماً عما نجده عند جابر بن حيان.

والخلاصة أن كيمياء العراقي كما يقول جورج سارتون: تُمثّل التقدم الذي أحرزته الكيمياء العربية حتى ذلك التاريخ.

ولقد كان ما كتبه أو أضافه ذا أثر بالغ فيمن جاء بعده من علماء الكيمياء في الشرق والغرب.

الجلدكي

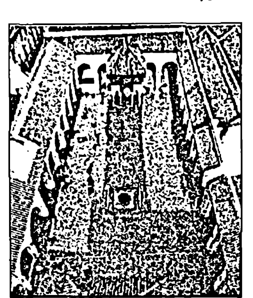
هو عز الدين بن أيدمز علي الجلدكي، من أشهر علماء المسلمين في الكيمياء. عاش في القرن الرابع عشر الميلادي. ومن المحتمل أن

وفاته كانت سنة ١٣٦٣ م.

كان الجلدكي شغوفاً بالعلوم الطبيعية إلى جانب الكيمياء والنبات الذي كانت له فيه إشارات قيمة، وقد قضى الجلدكي معظم حياته في جمع كتب الكيمياء وشرح ما أمكنه الوصول إليه منها... ومن هنا كان الجلدكي أفضل مصدر لمعرفة الكيمياء والكيميائيين في الإسلام. وتظهر مشاركتُهُ الفعالة، في ميدان الكيمياء فيما حواه كتابه الشهير المسمى «نهاية الطلب» الذي علق فيه على كتاب أبي القاسم العراقي «العلم المكتسب في زراعة الذهب».

وفي هذا الكتاب الذي اشتمل على ثلاثة مجلدات اقتباسات كثيرة من كتب جابر بن حيان ومن كتب غيره من الكيميائيين. وله كتاب ذكره «وايدمان»، عنوانه «علم الميزان» وهو مطبوع في برلين و«المصباح في علم المفتاح» تكلم في مقدمته عن أعلام الكيمياء السابقين. ومن كتبه أيضاً كتاب معروف عنوانه «التقريب في أسرار التركيب» وهو أشبه بموسوعة علمية تضمنت كثيراً من المبادئ والنظريات والبحوث الكيميائية، كما اشتمل على وصف للعمليات المستخدمة فيها كالتقطير والتصعيد والتكليس وغير ذلك.

ولا يبدو في كتابات الجلدكي ما يدل على أنه تأثر بالكيميائيين الأندلسيين في المغرب على



المكتبات الضخمة في الإسلام كثيرة. ذكروا أن مكتبة الواقدي كانت ١٢٠ حملاً، ومكتبة الصاحب بن عباد ٢٠٦ آلاف مجلد وقفها حين توفي سنة ٩٥٥ على مدينة الري. كان فيرسها عشر مجلدات. مكتبة القصر الفاطمي كانت تحوي حوالى مليون و ٦٠٠ ألف مخطوط. ومكتبة آل عمار في طرابلس التي أحرقها الصليبيون كان فيها مثل ذلك. في الأندلس والمغرب اشتهرت مكتبات قرطبة، وفاس وبخاصة مكتبة القروين التي نرى في الصورة فناءها وهي أقدم جامعة في شمالي أفريقية شيدت ملاصقة للجامع منذ أحد عشر قرناً.

الرغم من أنه كان على علم تام بما كتبه «المجريطي» و«ابن أرفع رأس» مما يجعلنا ننسب إليه باطمئنان ما لم يرد ذكره في مؤلفات أوائل الكيميائيين من علماء المشرق. ومن الطريف أنه تمكن من فصل الذهب عن الفضة بواسطة حامض النتريك، ولا يخفى ما لذلك من أثر في فرز عيارات الذهب

الخالص وتمييزها. كما أنه قد توصل على نحو يسترعي الاهتمام إلى ملاحظة أن المواد لا تتفاعل فيما بينها إلا بنسب وأوزان ثابتة.
ولم يُغفل الجلدكي التطبيق العملي للكيمياء، إذ نجد في كتابه «التقريب» بياناً بالأجزاء المعدنية الداخلية في العلاج. كما تكلم عن صناعة الصابون فقال: «الصابون مصنوع من بعض المياه الحادة المتخذة من القلي والجير (محلول الصودا الكاوية) والماء الحاد. يُهرأ الثوب فاحتالوا على ذلك بأن مزجوا الماء الحاد بالدهن الذي هو الزيت وعقدوا منه الصابون الذي ينقي الثوب ويدفع ضرر الماء الحاد عن الثوب وعن الأيدي».
ولا يجمل بنا أن نترك الحديث عن الجلدكي دون أن نشيد بآثاره العلمية وبصيرته النافذة إلى أسرار الطبيعة وتوصله إلى آراء علمية هي بالنسبة لعصره خير شاهد على الخصوبة والإبداع إلى حد يدعو إلى الدهشة وإلى مزيد من التساؤل.
يقول الأستاذ الدكتور عزة مريدن في معرض حديثه عن العلماء العرب:
«... ومنهم هذا الجلدكي العجيب الذي ما قرأت قصيدته مرة إلا أقسمت غير حانث أن هذا هو مكتشف الذرة وواضع أسس الصواريخ... وهو يصف كنه الذرة في المعادن والعناصر الكيميائية ويشبهها بالمجموعة الشمسية على نحو ما يفعل علماء الذرة اليوم حينما يبحثون في البروتون والنيوترون المركزيين والإلكترون الذي يحيط بهما».
ومهما يكن من أمر، فإن لتسجيل الجلدكي لآراء الكيميائيين السابقين في العالم العربي والإسلامي بدقة وأمانة أكبر الأثر وأصدقه. وهو بهذا يستحق في رأي هوليمارد «أطيب الشكر والعرفان بالجميل من كل أولئك الذين تهمهم دراسة تاريخ الكيمياء».
في ختام الحديث عن علماء العرب ونجومهم في فضاء الكيمياء الرحب وجدنا أنه من المفيد للغاية نشر رسالتين من رسائل جابر بن حيان، أبي الكيمياء العربي، الذي امتد فضله ليطال الغرب والشرق. وهاتان الرسالتان هما «كتاب اللاهوت» وكتاب «الباب» لما فيهما من شرح لمنطقية وأسلوب تفكير هذا العالم الكبير.
ولقد ذكر بول راوس في تحقيقه المهم لأعمال جابر بن حيان حوالي ٣٠٠٠ عنوان بقي منها نحو ٢٥٠ إلى أيامنا هذه (le corpus des écrits jabiriens) وحتى إذا كان بينها أعمال صغيرة الحجم أو فصول مجموعات أوسع، فإن اتساع جمهرة الأعمال وغنى التوثيق فيها وأبعادها المعرفية تجعل منها دائرة علوم حقيقية تمثل العصر. شأنها في ذلك شأن «رسائل أخوان الصفاء» تماماً.

كتاب اللاهوت

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله شكراً لما وهب لنا ومنحنا من فضله بغير استحقاق بل جوداً وتفضلاً علينا، من غير سابقة قد سلفت. فتبارك الله أحسن الخالقين وتعالى عما يقول المبطلون علواً كبيراً. إن الله تعالى اختصنا من فضله مما منعه غيرنا، وذلك كان لشهوة تقدمت لنا في هذه الصناعة أعني الفلسفة كلها فرزقني من ذلك رزقاً سنياً. ثم أنه رعرعني وأنطقني وأنعشني وأخرجني في زمان فيه صفوة نبيه محمد صلى الله عليه وسلم، ففهمني وحنكني بما كنت تعلمته من غيره ولم أكن فيما تعلمته من غيره مَثلي فيما تعلمته منه عليه السلام. فنحن نشكر الله عز وجل على ذلك.

وإذ قد مضى صدر من كتبنا في هذه الصنعة الموسومة بالحكمة لأنها لا نهاية لها وهي نهاية ما في الفلسفة، لم يكن بد من وضع كتب فيها شرح ما تقدم لنا من ألفاظنا جوامع، ما أغرقنا الكلمة في فن من الفنون في مائة كلمة من فن آخر، فتكون هذه تحوي ما في كتبنا المتقدمة والمتأخرة لأنا جمعنا في هذه ما يحتاج إليه والسلام.

وقد صنفت كتبي هذه سبعين كتاباً، وجعلتُ في كل كتاب منها فناً، وله اسم ما. فكتابي هذا يعرف بكتاب اللاهوت، يذكر فيه الشيء الأعظم، والذي يذكر فيه من الأصول الداخلة في الشيء الأعظم.

فنقول ـ وبالله التوفيق ـ إن الشيء الأعظم أولاً من الحيوان فقد استغنيت عن الأشجار والأحجار لأنه ليس قصد الشيء بمعرفة كطلبه بغير معرفة، فهذه مرتبة، وينبغي أن تعلم مما هو من الحيوان فنقول:

ينبغي أن يكون من أشرف ما فيه الحرارة القوية. فنقول: الأسد والأفعى ـ فهذه سر هذه فيه ـ والثعلب وجميع هذه من الحيوان، وأشرفها الإنسان. وليكن ممن طبعه الصفراء، ولهم النحافة في الأبدان كالذين هم بناحية اليمامة والجزائر المالحة، وأهل الهند، خاصة بالبقعة التي يقال لها السند، وبالمغرب ودواخل مصر فإن جميع القبطيين فيهم النحافة، واليمن أيضاً فحاد، والسبعة والسمك الشبوط فإن هذه من الحيوان فإن هذه فيها حدة. وعجبت وصفنا السمك مع الإنسان، لكنه لعلة صار بها فاضلاً.

فقد علمت بعد ذلك مما تأخذه من الحيوان.

فإن عدمت هذه كلها فالبقر والغزلان

وحمر الوحش والحمر الأهلية، ولكن من كل واحد من هذه الأنواع على حدة ولا يخالط نوع نوعاً بتة ـ فهذا من السرائر أيضاً، ينبغي أن تحتفظ به وتذكره.

وليس يتم هذا الباب لمخلوق ممن لم يقرأ كتابي هذا ـ إلا لمن رزقه الله تعالى. فالرزق لا كلام عليه لأنه يأتيه من حيث لا تحتسب. رزقنا الله وإياكم ذلك الرزق. وكذلك ما في كتبي هذه لو صح للإنسان في أول مرة في ما يقرأها أو بعد ما يقرأها أو بتدبير أو بغير تدبير ثم كان محروماً، لم ينفعه ذلك شيئاً بتة، ولكان كمن لم يرزق شيئاً قط. على هذا أصلي، فلا يلومني لائم، فقد عرفتك مما ينبغي أن يؤخذ هذا الحجر مما لا يعرف، وقد مر أي جنس الحجر.

فبقي عليك ما الحجر. إنا قدمنا في وصفه ما هو في غير كتاب، ولكن شرطنا في هذه الكتب إنا لا نكلها إلى غيرها، فلا بد من أن نشرحه. فنقول: إن اسم الحجر لا يمكننا ذكره لأنا لا نطيق ذلك، لأنا إذا ذكرناه بتدبيره القريب وذكرنا اسمه ولم يكن فيه طول مدة ولا عظيم نفقة، أخذه الآخذ من الناس على جهة الامتحان، فعمله وأتاه فعلم به العالم، فبطل استعمال هذين الحجرين. لكن نرمزه بما يقرب على الإنسان. خذ من الإنسان ما يهيج عليه في الدماغ وليس بالدماغ بل هو المثور للدماغ، وهو الصابغ أيضاً للدم. هذا والله قريب. فإن لم تفهم فخذ العنصر المشارك للدماغ الذي فيه طبع مجانس لطبع في الدم، وطبع مضاد لطبع في الدم.

وهذا والله قريب. فإن لم تفهم فاعلم أن العلو عندهم النار، وهي الحار اليابس، ودونه الهواء وهو الحار الرطب ثم الأرض والماء. فخذ العلو من بدن الإنسان أي ما يخصه ذلك الطبع الحار اليابس من العناصر الأربعة. هذا والله قريب. وإن لم تفهم قولي هذا فلا تقرب هذه الصناعة، فلا حاجة لك فيها ولا منفعة، والسلام.

قد بينا ما الحجر ومما يؤخذ فلنقل في أي وقت يجتنى. فنقول إن هذا العنصر يثور في الربيع فيثور جميع الجسد. ثم يجيء بعد الربيع القيظ، فينبغي أن يجتنى بين الربيع والقيظ، وهو في آخر ربيع الآخر وأول القيظ، وهو في خمسة عشر من ربيع الآخر.

وينبغي أن تجتنيه لأن الشمس تحل الحمل في سبعة عشر من ربيع الأول. فليجتنِ من سبعة عشر من ربيع الأول إلى خمسة عشر من ربيع الآخر، فإنه احكم ما يكون وأزكاه وأجوده في هذا الوقت إن شاء الله.

فلنقل كيف وجه تدبيره فنقول: ينبغي أن

يقطر هذا الحجر في الربيع من سبعة عشر في الأول إلى نهاية الآخر وليس نذكر في كتابنا هذا كيف التقطير لأنا نأتي به فيما بعد ذلك، لأن موضوع كتابنا هذا على الأصول المبنية على هذا الشيء الأعظم.

فنقول إن الماء إذا خلص فليخلص بعد ذلك الدهن والصبغ والأرض وتخزن ـ ثم تدبر النار أولاً قبل الكل ثم الدهن وتثلث بالأرض، ثم الماء، فالماء آخرها وهو أولها، والدهن والأرض الوسطان. فأما أخلاطها، فعلى ما ذكرناه ونحن نستأنفه في كتبنا هذه من الأوزان، فافهم هذا واستوفه عن آخره. وبخاصة ينبغي أن نحتفظ بالأوزان المتقدمة، وإنها وهذه واحدة؛ إلا أن في تلك رمزاً نحن نفكه لك في موضع من المواضع، وهنا شرطنا أن لا نرمز فيه شيئاً، إن شاء الله تعالى. وينبغي أن تحفظ كل ركن تخلص لك طاهراً في تمام التدبير. قد خبرنا بحاجة الحجر من التدبير وقدر طهارته، ونحن نذكر ذلك جملاً إن شاء الله تعالى.

إذا اجتنيت الحجر في وقته درجة وتقطيره درجة وتطهير الماء والدهن والنار والأرض: أربع درجات. والأوزان درجة، والأخلاط لا بالمجاورة بل بالمزاج درجة، فهذه جمل ما قد تقدم ذكره. والدفن له والتشميع له، والتقطير بالسرجين هذه درجة كلّ واحد



كانت الصيدلة، في بعض تراكيبها ترفد الكيمياء أو تتصل بها. لم يكن ثمة فاصل بينهما إلا فيما يتعلق بالأهداف. فالكيمياء فلسفية الهدف بينما هدف الطب والصيدلة عمل مباشر. لذلك كانت كتب هذه العلوم تراثاً مشتركاً للعاملين فيها. كتاب الدرياق المنسوب لجالينوس مثل لذلك في صفحته المصورة هذه (سنة ١١٩٩)

منها. والتشميع آخرها، فاعرفه إن شاء الله. فلنقل كيف حدود هذه الأشياء. هذه أصول هذا الحجر لأنا نذكره في كتابنا هذا الأصول من هذا الحجر وكيف هو، وكيف يمكن تدبيره ونذكر التدبير وما جانسه في الكتب التي تتلو هذا الكتاب من كتبنا هذه إن شاء الله تعالى.

اعلم أن الماء لا بد له من دفن بعد تقطيره الأول، وتقطيره بالرطوبة. يدفن تحت الأرض ثم يقطر في آلة الماء المذكورة للماء ويقطر بالخيزران قطره المذكور له حتى

يتناهى إلى حده إن شاء اللّه.

اعلم أن الدهن هو المقطر بالسرجين بعد تقطيره بالقضبان للآس ثم بالسرجين. فإن لم تقطر أعيد إلى تقطير الآس. واعلم إن شئت تقطير الدهن بالسرجين أن مقامه مقام التهيية للأرض بين القدحين والنار التي لا بد منها لأن تصير حيوانية. ثم تقطر بعد ذلك بالآس. لا تزال تكرر التقطير عليه بالآس، وفي خلال ذلك بالسرجين حتى يبلغ نهايته: وهي أن تغمس فيه قطعة نحاس أو حديد محمى أو ما أشبه فتخرجها جوهراً صافياً فاعرفه. واعلم أن خزن الماء بعد بلوغه إلى ما وصفناه، ينبغي أن يكون في إناء زجاج مملوءة، والمستودع موضع معتدل لا يحمى فيه ولا يبرد، فاعرفه إن شاء اللّه. والدهن كذلك فليوق من الغبار والحر والبرد إن شاء اللّه.

واعلم أن النار ينبغي أن تدبر بما قد ذكرناه لها في صدر كتابنا هذا وبما يستبقه. ويلزم التهيية لا بد منه وهو أصعب التهييات في هذه الصناعة وأشدها ممارسة. ونحن نشرحه وذلك لصبغته التي فيه فاعرفه إن شاء اللّه تعالى.

ثم تدبر الأرض وتهبي بعد بياضها دائماً حتى تصير روحانية طائرة، ثم تثبت بعد ذلك إن شاء اللّه تعالى. وكلما هييتها وثبتها كان أقوى للصبغ وأسرع لإدراكها وانفذ وانجع إن شاء اللّه.

ثم تقع بعد ذلك الأوزان والأخلاط، فينبغي أن يخلط على ما نذكره. ثم تدفن بعد أن تسقي من النفس والماء حاجته. والتدبير فيه على وجهتين:

- إما أن تقطر وترد عليه القاطر ويرد ويجاد في خلال ذلك سحقه حتى لا يقطر منه شيء بتة، ويصير ثابتاً، فهذه طريقة.
- وإما أن يسقى الماء ويدفن ثم يقطر بالسرجين، ويعاد عليه العمل كما قد تقدم في أخيه، فهذه طريقة ثانية.

ثم توفيه أوزانه من نفسه وروحه حتى يستوفي إلى دون حقه بالدفن والتقطير لا غير. ثم توفيه حقه من نفسه وروحه حتى يتشمع بوجه التشميع وتدخل عليه باقي نفسه وروحه فهذا أجل، ما في هذا الأمر، فاعرفه إن شاء اللّه تعالى.

قد أتينا بذكر الباب الكبير بما فيه كفاية وغنى. فلنذكر بعد ذلك من تدبير الحيوان ما يكون مجانساً للشيء الأعظم فنقول: «متى أخذت نار الشعر فأدخلت مكان نار الحجر الأعظم أو أرضه أو مائه أو ودهنه فهو خطأ إلا من جهة». نقول: «ينبغي أن تخلص النار من كل شيء كتخليص النار من الحجر، فإنه يكون واحداً» فيقال في

جواب ذلك «إنا نفصل نار الشعر أو غيره كما استخرجنا نار الحجر». فنقول «هذا خطأ» وقد ذكرنا ذلك في كتاب لنا من المائة والاثني عشر يعرف بكتاب الأسرار نذكر فيه العلة في ذلك ولن ينفع دون ذكرنا له ما ههنا.

فنقول: ينبغي أن تمتحن نار الحجر في فعل وفعلين وثلاثة وما زاد، فإنه أجود وأصح، وتمتحن النار المستخرجة من النوع الآخر، فإن فعلت نار النوع كفعل نار الحجر في جميع أفعالها فنار النوع هي نار الحجر لا غير. ومتى خالفتها فبلغ بها التدبير حتى تبلغ مبلغ نار الحجر ويكون مثلها. فهذا شيء يغنيك عن الحجر أولاً من أجل انك تحتاج إلى معرفة فعل ناره لتمتحن بها نار الأنواع، فهذا يغنيك عن الحجر، إن لم يوجد بعد معرفتك بصحة فعل ناره إن شاء الله.

استقرئ النظائر بعد ذلك وافطن ولولا أني شرطت أن لا أرمز في كتبي هذه لم أفسر ذلك لأنه غير مستغلق على من يفهم، ووجود من يفهم غزير، وإنما وضعنا هذه الكتب لمن لا يفهم ـ وكتبنا التي هي لمن يفهم هي كتب الفلاسفة القدماء ـ وإنما شرحنا لمن لا يفهم. فمعنى قولنا «استقرئ النظائر» أي: دبر أي نوع شئت كما دبرت الحجر وانظر فعله وطابقه بفعل النوع فإن فعله فهو هو. وإن لم يفعل ذلك فبلغ به مرتبته والتدبير في بلوغ هذه العناصر التي من النوع إلى مرتبة العناصر التي من الحجر، بالتدبير الذي تقدم شرحه. وكذلك فافعل بالدهن والأرض سواء فإنه يغني عن نار الحجر وأرضه ودهنه ومائه فقد نسخت هذه الأنواع من الجنس الذي الحجر نوع له.

فإن قال قائل «فما حاجتنا إلى الحجر ولم شرفناه على هذه الأنواع، قيل له «الخصال شتى كثيرة أحدها أنك تجد فيه من الطبائع الكاملة ما لا تجده في غيره من الحجارة. وثانيها أن ما تريد استخراجه من هذه الأنواع من العناصر، إنما هو قياس عليه، وليس يجيء في أول تدبيره مثله في أول تدبيره، وهو يبلغ إلى درجة الحجر بعد التكرير. والحجر إذا تكرر مرة قام مقام مائة تكريرة لتلك.

فخذ ما فيه النضج والنضج الاعتدال والبلوغ الكامل في هذا الحجر. لذلك ما فضلناه إذ كان أقرب مدة في الممارسة من تلك لأن عشرة أقرب من مائة بغير شك ولا مرية، فقد كمل بهذا صحة أمر الحجر. وفي هذا معان كثيرة لم يدركها الوضع لها في الكتب، لأن علم الواضع للكتاب أعظم من الكتاب، إذ كان لم يمكنه استغراق

الحجة أبداً إلى نهاية ما في الأمر وفي الصناعة، إذ كان الخاطر لما أتى بالأول من غير أصل يمكن أن يأتي بثان من أصل وغير أصل. فمن غير أصل كالمبتدع الأول، ومن أصل من التكون للأول الذي من غير أصل. فاعرفه إن شاء اللّه. فلذلك بان عذرنا في تركنا بعض الحجج في المسألة والنكتة ونحن نستغفر اللّه كثيراً.

قد أتينا أمر الحيوان بما فيه كفاية. اعلم أن أهل الصنعة أقاموا الحجر مقام الأول وأقاموا جميع الحيوان مقام المبتدعة لذلك الأصل. فما صفا منها لحق بذلك العنصر العظيم، وما لم يصف ويتكامل فهو مثل المبتدعة في حالته. فهذا ما في الحيوان، ونحن نستغرق ما فيه إن شاء اللّه.

اعلم أن للحيوان مراتب يزيد بعضها على بعض وحجر الفلاسفة له حد واحد لن يتجاوزه أبداً عن حالة واحدة. فأما الحيوان، فعلى قدر زيادته ونقصه يكون فعله في الأشياء. ولها مراتب في الأفعال بقوى وخاصية لكل نوع فاعرف ذلك. فكأني قد قلت هذا الكلام في شيء واحد. فاعرفه إن شاء اللّه.

الأشجار والأحجار تقوم مقام الحجر أيضاً وكل نوع منها فيقاوم الحجة على الشرط المتقدم في أمر الأنواع من جنس الحجر سواء في بعد المدة وقلة ذكائها عن كثرة ذكائه إذ كان أصول الأشياء كلها من العناصر وكان ائتلاف الجنسين الميتين ناقصاً عن حد ذلك الجنس إنما تكونت من العناصر الأربع وجب أن يكون هذان الجنسان هما في الفعل كذلك الجنس إذ كان الأصل واحداً.

فإن قال قائل: فما بال اختلافها في طعومها وألوانها وأفعالها. قيل له: قد تقدمنا في كتابنا هذا، فقلنا إن العلة في ذلك أمر الزيادة والنقصان من العناصر فيها، فهذا هو الحاجز عنها وعنه كإحالة الظلمة نور البصر إن يصل إلى الأنوار اللاهوتية لقلة الصفو وكثر الظلمة.

قد عرفناك أصول هذه الصناعة في أمر هذا الحجر الذي هو نوع من جنس وأمر الجنس كله. ثم أضفنا إليه أمر الجنسين الآخرين ليستكمل بذلك القول.

وقد بينا ذلك في كتاب لنا من المائة والاثني عشر يعرف بالرد على من أبطل الصناعة، وهو الكتاب المعروف بالبرهان وإثبات الصنعة، ويستوفي هذا القول فيه. ونرى أن ما تركب من العالم في العالم من كل واحد من الأنواع عالم بدليل قائم. وقد بينت ذلك في قصائدي أيضاً بشعر عرفتك من سرائر ما يحتاج إليه فينبغي أن تدرسها



الشكل الثامن عشر

وتحفظها في أمر هذا الحجر إن أردت علمه على استقصاء. فينبغي أيضاً أن تعلم أن فيه تدبيرين، أحدهما متقدم قد بطل أهله، والثاني ففي المرتبة الثانية، وهو دون ذلك كثيراً. وقد استغرقنا القول فيه في كتاب واحد لنا يعرف بكتاب المتحد بنفسه ونحن نستغرق المعنى الأبعد الذي على رأي الفلاسفة في كتاب لنا يعرف بالاستقصاس. وهو أول كتبنا المائة والاثني عشر في المعنى الأبعد الذي قال الفلاسفة أن من عمله لم يحتج أن يعود فيه ثانية. وتستوفي فيه الكلام بغير رمز ولا دغل ولا نكتة ولا لفظة تحويه في كتابنا المعروف بكتاب غرض الأغراض، وهو الكتاب الأخير من المائة والاثني عشر، وهو المبدد في كتبنا كلها من أولها إلى آخرها في كل معنى ونذكر بعد ذلك الباب الذي هو دون ذلك فعلاً وعملاً ومدة، ويستوفي الكلام فيه على الجنسين الآخرين في مواضعهما إن شاء اللّه.

ليس ينبغي أن تفوتك هذه المقدمات التي في كتابي هذا إن أردت عمل الباب الأعظم، فاعرفها. فقد نصحتك وما ألغزت إن شاء اللّه.

تم كتاب اللاهوت بحمد اللّه ومنه وهو الأول من السبعين.

كتاب الباب

بسم اللّه الرحمن الرحيم والحمد للّه رب العالمين وصلى على سيدنا محمد نبيه خاتم النبيين وإمام المرسلين وعلى آله الطيبين وسلم.

قد تقدم لنا كتاب قبل هذا سميناه كتاب اللاهوت، ذكرنا فيه أصول هذه الصناعة في الشيء الأعظم وكيف يكون ونحن ذاكرون في كتابنا هذا التدبير لتلك المقدمات، في الطريق الأوسط الذي هو بين الشاسع والداني. ورسمنا هذا الكتاب في كتابنا المعروف بترتيب قراءة كتبنا أن نذكر في هذا الكتاب التدبير الثاني الذي هو الأعظم في مدة أربعين يوماً. ونحن نبتدئ بذلك ونستوفي فيه الكلام إن شاء اللّه تعالى. إن الشرط قد تقدم لنا في غير كتاب أن نستوفي كلامنا أولاً ثم نعارض فيه، أو نستوفي وضعنا ثم ندبره.

اعلم أن هذا الذي يرتفع في أربعين يوماً مقداره في الصبغ كمقدار ما ذكرناه في المائة والاثني عشر كتاباً من التدبير الثاني من الحجر الأول، وقوته وفعله ومدته أربعين يوماً، وهذا التدبير وما يجيء بعده فهو

على هذا القياس. والقياس فيه أن تعلم أن هذه التدابير كلها خطرة أن يبدأ بها المرتاض المتعلم، فهذا خطأ، لأنه يدخل عليه التعلل كثيراً من وجوه شتى. والصواب أن يبدأ المتعلم أولاً بتدبير الباب الأعظم على الطريق الأبدع من الشرح في التدبير الثاني. والفلاسفة كلها لم تقل هذا ولم تسمح بغير التدبير الأول المتناهي البعيد. وسنذكر ذلك إن شاء اللّه عز وجل في كتابنا المعروف بالأعراض ونستقصي الكلام فيه مشروحاً.

ونقول أيضاً هنا إن التدبير للشيء الأعظم على أربعة أوجه أحدها الأبعد الأول، والثاني المعروف بالتدبير الثاني. وقد ذكرناهما في المائة والاثني عشر واستوفينا الكلام فيهما على التمام، إلا أنه مرموز في الأول مشروح في الثاني. والتدبير الثاني تلخيصه هو ما في هذه السبعين الذي هذا الكتاب أحدها. وجميع ما في هذه الكتب من التدبير الثاني، إلا ما كان من أمر الحيوان الذي ليس له تناه يقارب الثاني: فإنا نذكره عن آخره، وكذلك في النبات والأشجار، ونستقصي الكلام فيهما إن شاء اللّه عز وجل.

ثم الجنس من الثاني بالثالث أعني تدبيراً ثالثاً. والعلة فيه بعد مدى الثاني على المدبر فاحتالوا لما يتم في أيام أن يتم في يوم، وإن لم يطهرها الطهارة الكاملة فيكون بذلك نقصاً به فينقص فعله، وكل ذلك لقلة النشاط ولشدة الحاجة إلى ذلك فصار تدبيراً ثالثاً وعملاً ثالثاً، وهو المذكور في كتبنا الثلاثين. وكذلك العلة في الحجارة والأشجار على هذه المقدمة التي ذكرناها في أمر قلة النشاط وكثرة الحاجة. ولذلك فرقنا بين كل واحد على حدته كيلا يدخل تدبير في تدبير فيبطل بذلك الكل فأفردناه ليعرف من صاحبه. تدبير رابع لم ينحسر عن تلك كما ذكرناه في هذه الثلاثة لكن كان بعد مدى ما في ذلك التدبير كما كان مدى الأول صعب المتناهي وذلك مثل الشعر والبيض وما شاكلهما والزيتون واليسر من النبات وما شاكلهما. ومن الأحجار كالعقاب والعروس وما شاكلهما. فلما كانت هذه لا تبلغ إلى تلك الدرجات لا لأنها ليس في الممكن أن تبلغ إلى تلك الدرجة ولكن ببعد المدة العظيمة: ما أنه لو أراد مريد أن يجمع كراً من الطعام بأن يأخذ كل يوم حبة فيجمعها، لاجتمع منها على طول الزمان لكن لا فائدة في ذهاب ذلك الزمان بجمع حبة حبة، فكذلك لا فائدة لنا في طول هذا التدبير حتى يبلغ إلى تلك الحالة بتضييع الزمان الذي يمكننا فيه

بلوغ ذلك. ويبلغ من ذلك الثاني في ذلك الزمان شيء يسير. وكان نهاية ما في تلك إذا دبرت بمحض تدبيرها، كان لها منتهى هو دون الثلاثة. فأفردنا له أيضاً كتاباً وصنفنا له أجزاء. قد ذكرنا ذلك فيما تقدم من كتبنا وفي هذه وما نستأنف.

وسمينا هذا بكتاب الباب أي بمعنى أن نذكر فيه الباب الأعظم بالتدبير الثاني في المدة البعيدة في مدة يسيرة، فهذا فضل كتابنا هذا ـ وإلا فلا حاجة لنا في وضعه ـ وهو قرب المدة وبعدها. ونحن نبدأ بعد ذلك.

فنقول: ما سبب ذلك في القرب والبعد؟ نقول أولاً: إن سبب بعد تلك وقرب هذه هو شدة التحفظ في تلك من جهة المخافة، وقرب المدة في هذه هو اقتدار على الصناعة، وهو أن نذكر مثالاً في ذلك تشميع عشرين مرة ومرتين تجزئية، فنذكر ثم عشرين وههنا مرتين ونذر أشياء من أدوات الصناعة، تركها كعملها، إن عملت لم تحتج إليها، وإن تركت استغني عنها بغير فساد داخل عليها. فهذا هو الفرق في بعد تلك وقرب هذه، والأصل واحد.

نقول أيضاً: إن التطهير الذي يداخل العنصر منها عشرين مرة ليتطهر، تجمع له أشياء تقوم في استعمالها مرة واحدة كمقام العشرين مرة في التدبير فهذا أيضاً ينفصل عن تلك. ونحن نبدأ بالتدبير في مدة أربعين يوماً كما ذكرنا أولاً، وضمّنا في صدر كتابنا هذا، ونستوفيه بغير رمز كيلا يحتاج إلى شرح. ولم نضمن ذلك في صدر كتابنا هذا لكن ضمنا الإبانة والشرح التام. ونحن نفي بذلك إن شاء اللّه.

ينبغي أن تعلم أن التقطير في هذا التدبير الذي في الكتاب وفي غيره أن لا يحتاج إلى وقت بعينه، فهذا أحد ما يصعب به التدبير أولاً، وثانيه أنه إن كان مقطراً يجتنى عند صاحبه قبل وقت عمله مفصلة في الأزمنة التي ذكرناها له، فهو على حال أنجع قليلاً. فإذا عرفت أن التقطير لا وقت له، فقد زال عنك بذلك شكوك كثيرة في أمر التدبير الثاني.

ثم تعمد بعد التقطير إلى الماء، وهو يقطر في يوم، فقطره بالرطوبة ثلاث تقطيرات جياد، فإنه يصفو. ثم تعمد إلى ذلك الماء فتدفنه في أرض أو سرجين أو ندوة، ولتكن الأرض ندية أو في جب فيه ماء، في موضع ندي يوماً وليلة، والليل أوفق بك. ثم تعمد إلى قرعة مضغوطة الوسط ـ وقد ذكرناها في كتاب العمالقة الصغير ـ وتصب الماء في أرضها ثم تعمد إلى قضبان الخيزران فتشققها أنصافاً، ثم تعملها حلقة فتشد وسطها أو موضع مبلغ الخنق من القرعة

من القضبان بقطن أو مشاقة والقطن والخرق أجود، وتحكم الشد بالخيوط ما بين القضبان حتى لا يمر فيه النفس ولا البخار دون الماء. واحكم الوصل له من خارج أعني الأنبيق والقرعة بعد أن تعوج أطراف القضبان مصوبة إلى خندق الأنبيق ويكون تعويجك له قبل تركيبها بمدة بلا ينفتح وقت العمل، وتشد بخيوط على عمل الصوالجة، ثم قطره باليابس بنار خفيفة. أعد ذلك عليه ثلاث تقطيرات ثم ادفنه. ثم أعده رابعة بالآس مكان الخيزران فهذا سبع مرار، يخرج لها حسن البياض متناه على ما قد شرطنا في أول الكتاب، فارفعه إن شاء الله.

اعمد إلى الدهن فاستقطره بالرطوبة أولاً، فهو السر فيه، بقضبان الآس فإنه يخرج أبيض فيه صفرة. وأعد عليه العمل بالقضبان والنار اليابسة، فإنه يصفو في سبع مرار. وهذا الشيء، إن زدت في تقطيره بالقضبان على سبع، جاز إلى أربعة عشر مرة ليكون أمناً من الخطأ. فإن زدت على الضعف لم يصلح أن تستعمله مع هذا الماء ـ وهذا من سائر ما عندهم ـ وكذلك للنار حد من الدهن والماء والأرض كذلك، وهذا لازم في جميع التدابير ـ وهو سر فاحفظه. فلذلك ما طال به شرح كتبنا المائة واثني عشر.

فأما إن زاد تقطير الدهن على تلك المرتبة التي هي الضعف فزد تقطير الماء، لأن يكون من جنس الدهن، وإلا تغايرت الطبائع في النوع، فلم تتفق لتغايرها، فاحفظ ذلك. وإنما جعلنا للدهن ضعف تقطير الماء، والماء يقطر سبع مرات لأن للماء حداً وللدهن حداً. فأما حد الماء، فأن يكون أبيض، لا كبياض الماء بل بياضاً لبنياً، وهو ملين أيضاً. وعلامة الدهن أن يحمى له المريخ(١) ويغمس فيه فيلينه، ويقيم الأرواح إذا سقي بها. فجعلنا له ضعف الماء لأن يبلغ إلى هذا الحد، لأنه ربما دخل على المدبر الخطأ، فلم يتم في سبع مرات فهو يتم فيما بين السبع إلى أربع عشرة. وليقطر بالقضبان هذا الدهن بالرطوبة في أول مرة بقضبان دقاق، ويضعف له القضبان في غلظها لكل علامة مرة على الحساب. وليكن في قرع قصار أولاً حتى يتبيض. ثم تطول القرع له فالأول قصر مخافة من النار، والثاني طول لأنه صار ألف النار، فاعرفه إن شاء الله تعالى.

وهذا بخلاف ما ذكرناه في كتابنا المعروف بالمتحد، لأن هذا ضده. لأنا قلنا: «ثم ابدأ بالغليظ ثم انقص» وإنما ذلك لأن تنسلخ الأوساخ من أنفسها قليلاً قليلاً. فهذا هو موضع الخلاف بين الاثنين، فاعرفه.

فعلامة الماء وعلامة الدهن: فلا بد لكل واحد من هذه العناصر من علامة يبلغ بها في التدبير، وإلا لم يقع على ذلك حصر بتة. فهذه علامة الماء في هذا الكتاب. وطالبنا في كل موضع من المواضع بعلامة فإن لم نأت بها، فالباب باطل. وذلك لأن الخطأ يلزم الناس جميعاً، وبخاصة فأهل هذه الصناعة فهو موكل بهم. فلا تسلك شيئاً إلا على هدى وقصد مستو، فهذه نصيحة ينبغي أن تحتفظ بها في جميع كتب الفلاسفة وكتبنا في جميع فنون هذه الصناعة وفي غيرها فإن الفلاسفة تشترط ذلك على أنفسها شرطاً عظيماً متأكداً.

وقد بينت ذلك في كتبي العشرة الأولى من ألفاظهم والحسن من كتبنا هذه التي ذكرنا ما فيها عن الفلاسفة أنا نأتي بألفاظهم المشهورة في أيدي الناس، ثم نأتي بما نذكره في ذلك من التفسير، نرى عليه البيان والمحنة مما قد عمي الناس جميعاً.

وإذا قد عرفت هذه الشروط إلى ههنا فنحن نبدأ بشرط العنصرين الآخرين كما أوفينا الكلام في الأولين على حسب ما يحتمل من الكلام فيه ـ ويحكم الله عز وجل لنا فيه بمشيئته.

أما تدبير النار فينبغي أن تدبر هذه النار بأن نخلص من الدهن أولاً، ثم تسقي من الماء الأول وتسحق على صلاية سحقاً محكماً ثلاثة أيام بلياليها، وتشرب ما شربت، ثم تجفف في الشمس وإن تصمغت ففي الهواء. ثم تعيد عليها السحق والتشوية يوماً آخر، وتجففها وتعيد عليها ذلك. ثم تضعها في قدح مطين وتكب عليها قدحاً آخر غير مطين وتدعها على رماد سخن حتى تجف من الماء ولا تدخن ولا تجحف بها النار. ثم أعد عليه العمل كذلك حتى يصير شمعاً ذائباً يتختم فلا يتصمغ. فهذه العلامة لا بد من أن تبلغها النار أو تجعلها ذروراً يابساً وذلك بتصليب النار قليلاً قليلاً حتى تتحجر كالتراب، لأنها تتلدن كالصمغ، وتتلزق لأنها تخرج من التقطير ملتزقة متصمغة متشوشة عكرة وحشة. وهي إذا تشمعت أو تحجرت حسن لونها واحمر واصفر فتبلغ بها أي المرتبتين أردت، فهو جيد بالغ وذلك يتم لك في خمس تشويات وتسقيات إلى سبع، والسبع نهاية ما فيه في الباب المذكور في هذا الكتاب، وهو يبلغ في يد الماهر غير الحاذق ـ معنى الماهر غير الحاذق الصانع غير العالم. ولن يبلغ به في خمس إلا محنك مدرب ذو تجربة وصنعة وعلم التحنيك.

وهذه النار، من علامتها أنك إذا أحميت شمساً وغمستها فيها أخرجته لا كالذي هو بل صابغاً، ويصير في عين أخرى إذا غمست

فيها ثلاث مرات أو أربع ونهايته سبع حمايات وغمسات. فهو علامة النار، فاعرف ذلك. فإن لم تفهم قولي، فاعلم أنك متى حميت أحد النوعين النيرين وغمسته في هذه النار أو ألقيت منها عليه، حمر الأبيض، وزاد الأحمر حمرة وصبغا حتى يكون بها صابغاً لشيء من الأبيض فاعرفه، فهذا علامة النار. فقد شرحناه لك، ولم ألغز فيه شيئاً.

ولطائفة من الناس فيه تدبير آخر وهو لعمري أسلم كما ذكروه ـ ولقد صدقوا في ذلك. وهو أنهم يبلغون به إلى المرتبة التي يكون كالتراب في اللون بل في نفس تجسمه وفي صلابته ولونه أحمر يضرب إلى السواد. ثم هبوه بين قدحين حتى يصير روحانياً ثم ثبتوهم بعد ذلك وقالوا: وجه تهبيته إدخال روح من الأرواح تجذبه إلى العلو، وهو عروس العروس أو عروس العنان أو ما أشبه ذلك، أو عنان أحدهما. وهذا فيه ما تعلم مما قد تقدم من الشرط. ولكن وجه تهبيته أن يدخل إلى القدحين، وتضرم بالنار الشديدة، ولا تسقي من الماء شيئاً. ويلزم الوقود والسحق حتى يصعد. ولقد غاب ذلك عنهم. والوجه عندي الذي هو الصواب أن تهبي بهذا ثم يثبت وثباته أن تسقيه الماء وتشويه بالنار اللينة وترد الأعلى على الأسفل دائماً حتى يثبت أسفل كالولد للنار لا يتغذى إلا منها ولا ينفر عنها ولا يتباغضان، ويطلبها وتطلبه ثم يقطر بعد ذلك في قريعة صغيرة بنار لينة أولاً ثم تشد عليه النار قليلاً قليلاً حتى لا يبقى فيه من الماء شيء. ثم ترد القاطر عنه عليه. وتسحق على صلابة، ثم يقطر أيضاً. تفعل به ذلك حتى يثبت في أسفل القرعة. فإنه يفعل هذا الفعل في الشمس والقمر بعد تسقيته ما خرج مه من علامة الماء؛ وذلك رمز.

اعلم أنه ينبغي أن تقطر كل ما ثبت بالتسقية حتى إذا قطر في آخر الآمر لم يقطر منه شيء البتة. فإنه يفعل ما ذكرناه في الذهب والفضة، فهذا علامة النار. قد وصفناها واستقصينا القول فيها وعلمنا لك عليها كما علمنا لك على الماء والدهن فاحفظه. فهذه ثلاثة أركان كاملة، ونحن نستوفي الكلام بعد ذلك ـ ولله الأمر ـ على الأرض وتدبيرها وعلامتها.

ينبغي أن تسحق وهي سوداء ناعماً كالذرور وتصول حتى تصير ذروراً. وتسحق بعد ذلك وتلقي عليها شيئاً من الملح أو من المياه الحادة المالحة وتسحقها به على صلابة وتصولها بعد ذلك. وتغذيها بالماء العذب، تفعل به ذلك حتى يسفر لونها من السواد الحالك. ثم تسقيها من مائها المدبر بنهايته بالسحق الشديد على صلاية

يومين وليلتين وإن أدمته، فيوم وليلة. ثم تجفف في شمس حارة وتسحق وتشوي ليلة. تفعل به ذلك حتى تبيض ثم تسقي بعد ذلك وتشوي ليلة ثلاث مرات حتى يزداد بياضها وثباتها. وجودة السحق في الأعمال أبلغ ما فيها فاعرفه.

ثم هبها كما ذكرنا في أمر النار. واستعمل التقطير لها في القرع الصغار كما ذكرنا أولاً في أمر النار، ورد الماء عليها حتى لا يقطر منها شيء. فهذا يقال له التشميع من قبل نفس الشيء من غير تشميع داخل عليه كحد التشميع المذكور. ولقد استقصينا الكلام في هذا في كتبنا المائة والاثني عشر، في كتاب الأسرار بكلام مستقصى، وهذا جوامعه: وهو أن بعض الأشياء ـ إذا كانت الأشياء كلها تحتاج إلى التشميع لا بد لها منه ـ فبعضها يتشمع ولا يتقطر له، ويكون تشميعه من نفسه في نفس تدبيره بغير شيء منفرد وفصل منفصل كما يعهد من أمر التشميع فاعرف ذلك. وعلامة الأرض إذا استقرت في أرض القرعة ولم يقطر منها شيء أن تبيض النحاس كما فعلت النار في أمر الشمس والقمر فاعلم ذلك. فهذه العلامات قد بينتها في الأربع عناصر. وقد فرغت من الباب بقوة الله الواحد القهار.

فإذا بلغت ذلك، فقد صفا جوهرك بها إذ كان الصفاء إنما هو التطلع على الحق. وأنت تصفو على هذا القياس من عمى الجهل في هذه الصناعة. أفليس تعلم أنك إذا أعدت العمل ثانية لم تحتج أولاً إلى كتاب تدرسه كما درست أولاً. وإذا استغنيت فأنت مثل من ركب شيئاً من نفسه وليس يركب إنسان شيئاً من نفسه إلا وهو قادر على ذلك. فإذا كنت قادراً على ذلك فأنت صاف من هذه الظلمة التي في هذه الجنية.

فإن قال قائل «فهذا محال»، قلنا «لم يصف من جميع وجوهه». فإذا أعطي هذا الشرط وهو مقيم على «لا»، قيل له «فما الصفو؟» فالقطع فلم يأت بجواب، إذ ان أصل الصفو العلم بما جهله غيره. فاحمد الله تعالى واشكره على أياديه واسأله الزيادة ومعنى الزيادة أن يديم ما صح لك ولا يقطعه عليك، لأني قد رأيت قوماً بهم من الشوق والأسف والحزن والتأوه على ما قد عاينوه، ثم بطل عليهم خلقاً كثيراً. وذلك كله، وهو قادر عليه، يرى بذلك من دفعه وكفر به «إنه أقرب إليه من حبل الوريد» ولكن لا يبصرون، فيسلبه ذلك. لا سلبنا الله ولا سلبكم ولا جعلنا وإياكم من الذين قال تبارك وتعالى ﴿إن الذين آمنوا ثم كفروا﴾ ونزح بنا وإياكم عن ذلك وجعلنا وإياكم من الشاكرين.

فكنت إذا رأيت هؤلاء القوم فأكثر ما أقدر

عليه إذا كان لهم رزق أن استوصف ما عملوا منهم ثم استخرج ذلك فأريه لهم وأمنحهم إياه فيفرج عنهم بذلك.

وقد ذكرت ذلك في أحد الكتب المائة والاثني عشر وهو وكتاب يعرف بالتصريف لأنه يضمن هذا. ولولا أن الكلام يطول، لخبرت ببعض ذلك ههنا لكن ليس هذا موضعه. ولقد كنت أسمع ممن لا رزق له في ذلك فيذهب عني جميع الوصايا ـ وحق من أنطقني ـ إذا سئل ذلك الرجل عن عمله ذلك وكيف كان فلا أدري أضن كان يلحقني أو نسيان فأكون كمن سمع الصفة وليس بالحضرة. كل ذلك حرمان لذلك الرجل. ولقد أتيت بذكر جماعة من هؤلاء القوم عدداً كثيراً في قصيدتي الكبيرة النونية التي أذكر فيها جميع الأقاويل إلى علي بن يقطين التي أقول فيها:

قل لعلي بن يقطين

طلبت أمراً ليس بالدون

ولقد أخبر أمورس الشاعر من ذلك بعجائب في شعره وكان قد بلي في زمانه بالشهرة بهذه الصناعة، فكان العالم يتنابونه وفيهم ما في الناس من العقل والجهل.

ولنعد إلى غرضنا الذي بدأنا به. اعلم أنه ما بقي في أمر الطهارة للأركان شيء وبقي عليك أمر الموازين. فالقول في ذلك على ثلاثة أوجه كل واحد منها يكون منه صبغ عظيم وكل واحد منها أفضل من صاحبه.

فقالت طائفة من العلماء: حق الجزء من النار أن يكون له من الأرض اثنا عشر جزء. واختلف هؤلاء في ذلك على أصل واحد. فقالت طائفة «لا بل جزء من النار من اثني عشر جزء من الأرض، يكون إذا حصل مع النار أربعة أرباع يكون من النار أربعة ومن الأرض اثنا عشر». وهذه الطائفة من الفلكيين أصحاب الطبائع لكنهم لا يدرون. وقالت طائفة أخرى: «بل ثلاثة أجزاء نار واثنا عشر أرض» وهؤلاء القوم قريب من أصحاب الطبائع. وقالت طائفة: «بل جزآن عن اثني عشر» وكل هؤلاء مصيبون في هذا الرأي، بمعنى أنه يؤثر صبغاً وإن لم يكن بالكامل. وقالت طائفة وهم أصحاب الكواكب: «بل جزء على السبعة» وقالت طائفة من هؤلاء: «مقام النار في الفلك كمقام الشمس والقمر ـ بل جزآن على سبعة». وقالت طائفة: «القمر مظلم غير نير بل المريخ والشمس فجزآن لسبعة». وقالت طائفة: «بل المريخ والشمس والقمر فثلاثة أجزاء لسبعة». وهؤلاء أيضاً مصيبون، وأن لم يكن في النهاية.

وقالت طائفة، وهو مذهبنا: «جزء من النار على أربعة أجزاء من الأرض» وهم أصحاب الطبائع، ولم يعارضنا معارض إلا من قال:

«جزء على ثلاثة أجزاء» فيكون إذا اجتمع أربعة. وهم أصحاب الحق، وليس نقول هم أصحاب الحق بغير برهان، لأن لأولئك المتقدمين أن يقولوا هذا يصبغ وليس بكامل كما قلنا في ذلك، فمن وافقنا من أصحاب الأفلاك على رأي أصحاب الطبائع فهو ونحن بمنزلة، وكذلك في أصحاب الكواكب. والحجة في ذلك أن يكون واحد على أربعة أن تفصل الحجر أربعة، وهو متكون من أربعة. فإن قال قائل: «فينبغي أن يكون جزء على ثلاثة ليكون أربعة» قيل له أن المتكون من الحجر الأول من الأربعة العناصر لا هو العناصر ولا الأربعة المتفرقة ـ فقد صح ههنا لخمسة وكذلك قد صح هذا أيضاً.

ودليل آخر هو بعيد كالمخبر عن النعامة لصاحب الهند، وهو بعد تمام الباب إنهم يلقي واحد من هذا المركب على هذه الأوزان التي على العناصر والمركب على الأفلاك والنجوم، فلا يكون فيها أفضل من الذي على وزن الطبائع والسلام. ثم نعود إلى الغرض.

فنقول: امزجه بعد ذلك بالسحق على الصلابة ـ أعني النار والأرض. فإذا التغمتا فسقهما من الدهن مثل وزنها ـ فهذا سر ـ وهو أن تسقيهما من الدهن ما يبلهما ثم تدفنهما في السرجين. فإذا كان بعد ثلاث تغير لونه فاسحقه وسقه من الدهن ما يحتاج إليه إلى أن تدفنه معه عشرين دفنة وتسقيه عشرين تسقية في مدة عشرة أيام، الأولى في ثلاثة، الثانية في يومين والثالثة في يوم والباقي في تمام الأيام فاعرفه إن شاء اللّه. وكل دفنة تكون بعض يوم أو بعض ليلة على هذا الفراغ فإن تشمع وإلا فزده قليل الدهن وليس يحتاج وهذا رمز.

اعلم أنه ينبغي أن تأخذ الألوان بتسقية الماء في هذه الأيام هذه التسقيات ثم تشمعه حتى يتشمع بالدهن بما احتاج من الدهن. فقولنا سقه مثله دهناً أي سقه حاجته والسلام. وعلامته إذا تم بعد أخذ الألوان الغريبة مع كثرتها أن يكون أحمر ناصعاً شمعاً ذاتياً فهذا إتمامه فألقي جزء على ألف ألف ويأتي ألف من أي جسم أردت.

ولهذه الأوزان كتاب باختلاف الأجسام نحن نذكرها في غير هذا الكتاب من كتبنا هذه. وقد وفينا بالشرط إلى ههنا. والمنة للّه تعالى، ونرجو أن يعين اللّهم عز وجل وتقدست أسماؤه وسبحانه ونحمده على إتمام شرطنا في هذه الكتب والسلام. والحمد للّه حمداً كما هو أهله ومستحقه وصلى اللّه على صفوته من خلقه محمد النبي وعلى آله وسلم تسليماً. وحسبنا اللّه ونعم الوكيل. ولا حول ولا قوة إلا باللّه العلي العظيم.

تم كتاب الباب والحمد للّه أولاً وأخيراً.

الفصل الثالث

انتقال «الصنعة» إلى أوروبا

«... وما المكتشفات اليوم لتعد شيئاً مذكوراً بالقياس إلى ما ندين به للرواد العرب الذين كانوا قبساً مضيئاً لظلام العصور الوسطى في أوروبا»...

«نيكلسون»

«إن الثقافة الإسلامية التي بلغت قمة تطورها قد انتقلت إلى أوروبا خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر وأصبحت جزءاً من حضارة العصور الوسطى، وهذا بدوره أصبح الأساس للحضارة الغربية في القرنين الخامس عشر والسادس عشر».

«كويلر يونج»

«إنه لا يمكن أن يتطرق إلينا شك في أن الترجمات التي أنجزها أناس من أمثال روبرت أف تشتر، وهرمان اليوغسلافي، وجيرار الكريموني، واديلار، قد كونت الأساس الراسخ الذي ارتفعت عليه بناية الكيمياء الأوروبية في العصر الحديث...»

«هوليارد»

أدرك الأوروبيون بوضوح منذ أوائل القرن الحادي عشر قيمة الجهد وأصالة الهدف لكيمياء العرب، وتفتحت أعين الطلاب الأجانب على ذخيرة وافرة من الحقائق والتجارب والتطبيقات في الحقل الكيميائي بدول الإسلام شرقيها وغربيها، فإذا بالطلاب الأوروبيين يرتادون نبع العلم العربي بالتعلم حيناً وبالترجمة والنقل إلى لغاتهم حيناً آخر. وكانت ثمار هذا الجهد الموصول أن ذكت فيهم روح البحث والشغف باستقراء الحقائق وتتبعها وزاد اطلاعهم واعتمادهم على الأدلة

والبراهين في تقبل قضايا العلم الطبيعي. واستطاعت أوروبا بذلك أن تبدأ بحوثها الكيميائية على أساس واقعي سليم وبناء نظري متسق وتأكيد مباشر لقيمة الكيمياء في حياة كل فرد وما كان كل ذلك ليتحقق إلا بفضل الانطلاقة العربية والبحث العلمي الرائع الذي كان لأوائل العلماء المسلمين فيه فضل البناء وفضل الابتكار.

وسائل الاتصال

وصلت المعلومات الكيميائية التي حوتها مؤلفات العرب عن طريق ترجمتها في إسبانيا، حلقة الاتصال إذ ذاك وملتقى الطلاب السريانيين والأوروبيين والبؤرة الأصلية التي نفذ خلالها العلم العربي إلى أوروبا. وكانت المعابر الجغرافية التي عبرت منها الثقافة الإسلامية إلى أوروبا المسيحية ثلاثة: إسبانيا وصقلية وسوريا مرتبة حسب أهميتها.

كانت صقلية ميداناً للتلاقي الحر بين لغات اليونان واللاتين وعرب البربر ومعارفهم. وكانت النتيجة نشوء ثقافات مختلطة، كان لها بفضل تشجيع «روجر» الثاني (١١٧٥ م) و«فردريك» الثاني (١٢٥٠ م) نصيب كبير في نقل أحسن ما في المدينة الإسلامية إلى أوروبا عن طريق إيطاليا، فقد صارت «بالرمو» في القرن الثالث عشر، مثل طليطلة في القرن الثاني عشر، مركزاً عظيماً للنقل والترجمة إلى اللاتينية.

كانت المؤلفات العربية تترجم إلى الإسبانية ثم تدون بعد ذلك باللغة اللاتينية وتحمل إلى أوروبا لتبدأ بعدها صفحة جديدة في تاريخ الكيمياء، ومرحلة حاسمة تمثل انتصار الإنسان وتحكمه فيما كان مجهولاً أو ما كان يبدو مستحيلاً.

وقد كانت أول ترجمة لمؤلف عربي في الكيمياء هي تلك التي أنجزها «روبرت أف تشستر Robert of Chester» الإنجليزي ونشرها في شباط سنة ١١٤٥ م بعنوان «كتاب تركيب الكيمياء» The book of compostion of Alchemy وقد أورد المترجم في مقدمة هذا الكتاب التاريخي قوله: «أيها اللاتينيون. بما أنكم لم تعرفوا بعد ما هي الكيمياء، ولا ما هي تراكيبها، فإنني سوف أبين لكم ذلك في كتابي هذا وأغلب الظن أن ما جاء بهذا الكتاب ينسب إلى ماريانوس الرومي Mairanus أستاذ خالد ابن يزيد الأموي. كما ترجمت رسالة



تأثر كثير من الإسبان، دون أن يعتنقوا الإسلام باخياة الإسلامية وتقاليدها. وافتخروا بتكلم العربية ونظم الشعر. وهؤلاء هم المستعربون. ألفارو القرطبي، أسقف قرطبة، له كلمة مشهورة يتحسر فيها على ولع الإسبان بالأدب العربي والفلسفة الإسلامية بينما يهملون اللاتينية. ويكتبون بالعربية ويزدرون الكتابة بغيرها. التأثير الإسلامي نفسه واضح في الفنون. في مخطوط لاتيني من القرن ١٣ نجد صورة لقطاف العنب وأعمال الحقل. وتظهر فيها التأثيرات الإسلامية بجانب تقاليد الرسم في القرون الوسطى.

للرازي، تتناول موضوعات الكيمياء العملية وتصنيف المواد والمشتقات، والقسم الخاص بالكيمياء من كتاب «الشفاء» لابن سيناء الذي ترجمه «ألفرد Alfred of Sareshel» في القرن الثاني عشر وكان له أبلغ الأثر في الكتاب اللاتين الذين اتبعوا ما اختطه ابن سينا من منهج نقدي فاحص في مواجهة الخيالات والتصورات الكيميائية الزائفة».

ويمكننا أن نعتبر، على أية حال عام ١١٤٤ م البداية الحقيقية لدخول الكيمياء العربية إلى أوروبا الغربية. كما يمكننا في الواقع أن نعتبر سنة ١١٤٤ م الميلاد الحقيقي للكيمياء الأوروبية.

ولكن ألا يعني ذلك أن هذا الأمر مرتبط بالترجمة عن العربية إلى حد بعيد. لقد ظهرت في منتصف القرن الثاني عشر مؤلفات في الكيمياء كتبها «روجر» Roger of Hereferd وفي النص الأول من القرن الثالث عشر كتب «ميشيل سكوت» Michael Scot رسالتين كما ظهر كذلك اسم ريتشارد أف وندفر Richard of Wendover وروبرت اف تشستر، وكتب جيرار الكريموني (Gerard of Cremony ١١٧٨ م) أهم أعمال تلك الفترة.

ويُعد جيرار هذا أعظم المترجمين للكتب العربية إلى اللغة اللاتينية، وقد كتب عنه أحد تلاميذه فنسب إليه أنه ترجم ٧١ مؤلفاً عربياً في مختلف العلوم. وأضاف له البعض ترجمات أخرى والظاهر أنه كان مشرفاً على مدرسة للترجمة يعاونه فيها تلاميذه، أو يترجمون تحت إرشاده. وأهم من ترجم في طليطلة سنة ١٢١٧ ميشيل سكوت Michael Scot الذي أصبح فيما

بعد في خدمة الإمبراطور فردريك الثاني Frederick II وقد كانت له كتابات في الكيمياء وفي علم «الصنعة». وكذلك البابا «سلفستر» الثاني والبير Albertus Magnua (١١٩٣ ـ ١٢٨٠) الذي نجد في كتبه كثيراً من الاقتباسات المأخوذة من مؤلفات المسلمين وخاصة كتب العبقري ابن سينا فيما يتعلق برأيه في إنكار التحويل واستحالة المعادن، إذ ليس في مقدور الكيميائي أن يتم «التحويل» الكامل. وتأثر «ألبير» كثيراً برسالة ابن سينا «في النفس» De Anima يقول عنه العالم الفيلسوف «أرنست رينان»: «علم ألبير كله مأخوذ من كتب ابن رشد وابن سينا. وهو لم يخرج عن ترجمة كتب العرب واستنساخها».

كان «البير» يعتنق النظرية المعروفة في أصل المعادن وأنها تختلف فيما بينه باختلاف نسبة الزئبق والكبريت الموجود في باطن الأرض. وقد وجه النقد العلني إلى موضوعات الكيمياء التي لم تصل في نظره إلى مستوى العلم مما كان له أثره في أن يفقد الطلاب اهتمامهم بالموضوع. وقد وضع «البير» ثماني قواعد للتجريب على الكيميائي أن يراعيها عند إجراء تجاربه، متابعاً في ذلك الشيخ الرئيس إبن سينا.

ومن تراجمة هذا العصر «ريمون ليل» Romon Lull وRaymund Lully الذي كان يلقب بكبير تراجمة طليطلة. وفي كتابات ريمون ليل ذكر لكربونات البوتاسيوم وملح الطرطير الذي كان أبو المنصور الموفق أول من وصف طريق تحضيرها. كما وصف كيفية تجهيز حمض التريك Acid Nitric الذي كان جابر بن حيان أول من اكتشفه وبين طرق تجهيزه من قبل.

رواد البحث الكيميائي في أوروپا

ومن الكيميائيين الذي اشتهروا في أوروپا واعتمدوا على كتب العالم العربي، الإنجليزي روجر بيكون Roger Bacon (١٢١٤ ـ ١٢٩٢) الذي كان يجيد العربية إجادته للاتينية والذي وصف البارود فأصبح من بعده شائعاً في أوروپا. وله عدة مؤلفات في الكيمياء وجد أن أحدها تلخيص لكتاب ابن سينا في النفس الأمر الذي يلقي ظلالاً من الشك في أنه كان يجرى التجارب أو أنه كان على بصيرة تامة بمثل هذه الأمور.

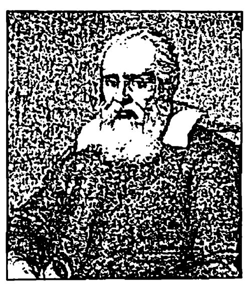
وقد كان «روجر بيكون» يرى ضرورة

استفادة الطب من الكيمياء. ثم تدافعت بعد ذلك أسماء من درسوا الكيمياء من الأوروبيين على هدى التراث العربي «أمثال برنارد باليس» Bernard Palisay (١٥١٠ ـ ١٥٨٩) و«دينيس زاتشير» Denis Zachaire و«برنارد تريفيسان» Bernard Trevisan (١٤٠٦ ـ ١٤٩٠) و«ليوناردو دي فينشي» (١٤٥٢ ـ ١٥١٦ م) Leonardo da Vinci.

ومن الذين كتبوا في الكيمياء وتأثروا بكيمياء العرب أيضاً العالم (فينسنت دي بوفيه) Vincent de Beauvais (١١٩٠ ــ ١٢٦٤ م) وكان راهباً من الدومينيكان ألف موسوعة بعنوان تأملات في الطبيعة Speculum Naturale وبها فصل من الكيمياء معظمه مأخوذ من ترجمات لاتينية لمؤلفات عربية.

كما ظهرت مؤلفات لاتينية في الكيمياء عزاها أصحابها إلى جابر Geber ليضمنوا لها الذيوع والانتشار. وربما كان مؤلفها شخصاً مجهولاً غير جابر إذ يصعب القطع تماماً في هذه المسألة. وأفضل كتب هذه المجموعة الكتاب المعروف باسم Summa Perfectionis والذي يمثل جهداً عملياً قامت الكيمياء فيه على أساس من التجريب المحكم. وما احتواه هذا الكتاب من آراء نظرية وتجارب عملية مأخوذ من المصادر العربية. وربما يرجع تاريخ هذا المؤلف إلى نهاية القرن الثالث عشر. وهذا الكتاب يمثل ما انتهت الكيمياء اللاتينية إليه حتى ذلك الوقت. ولنا أن نعتبره رمزاً للبداية الحقيقية ليقظة الكيمياء في الغرب. ولم يكد يحل القرن السادس عشر حتى أصبحت المؤلفات العربية الأصلية والمنقولة من العلوم الطبيعية شائعة في دوائر أوروبا العلمية.

ومن الطريف، أن نشير هنا إلى أن الكتب الكيميائية التي ظهرت في أوروبا بعد ذلك سواء أكانت مؤلفة أم مترجمة عن العربية قد حفلت بالكثير من المصطلحات العلمية العربية في الكيمياء. كأسماء المركبات والمواد والأجهزة. فمن ذلك، رهج النار Realgar، الأنتيموني Antimony الكحول Alcohol الصابون Savon والسبرتو Spirto القلي Alkali والتوتيا Tutia والخمير Kamir القصدير Kazdir الغاز Gas، الزئبق Zaibag، أبو القرع Abulkara والأمبيق Alembic، والدانق Danik، الآثال Aludel إلى غير ذلك من الاصطلاحات العربية الأصل والتي لا تزال باقية حتى الآن.



أسهم علماء لامعون من أنحاء أوروبا كافة في نمو المعا
دفع التقدم التقاني والاقتصادي قدماً إلى الأمام. ومن
كوپرنيكوس من پولندا وكپلر من بوهيميا، وغاليليو م

إن الكيمياء الأوروبية المبكرة ثمرة لتراث العرب. ومن الصعب أن نفهم كيمياء اللاتين في العصر الوسيط دون أن تكون لدينا فكرة واضحة عن مؤلفات العرب،



والفشل أمام هذا التراث الهائل الذي يزداد على مر الأيام ثراء، ومازج شعورهم هذا إعجاب وتقدير بلغ حد أن أصبحوا لا يثقون معه في قدرتهم على ملاحقته أو تجاوزه. في هذه الفترة بدأت حركة الترجمة وما كانت تثمر وتؤتي أكلها حتى ظهر علماء أوروبيون في الكيمياء، على نحو ما سبق أن بيِّنا، يدفعهم الإخلاص للعلم والرغبة في الوقوف على أسراره. وبدأت الكيمياء الأوروبية منذ القرن الخامس عشر تقترب من الروح العلمية وتبعد عن المفهومات الضيقة.

ومما لا شك فيه أن الترجمات التي أنجزها أناس من أمثال روبرت أف تشستر وهرمان اليوغسلافي وجيرار الكريموني واديلار، قد كونت بحق، الأساس الراسخ الذي ارتفع عليه صرح الكيمياء الحديثة في أوروبا.

نكسة الكيمياء في أوروبا

إلا أنه ـ مما يؤسف له ـ قد حدث في تاريخ الكيمياء الأوروبية أن انحرف بها عن جادة الطريق نفر من العلماء والمشعوذين الذين أصبح همهم اتقان صنعة التزييف والتقليد، وانحصرت جهودهم في كيفية الحصول على تلك المادة التي يتحول بها المعدن الخسيس إلى الذهب. فكان من المألوف في تلك الفترة أن نجد أناساً متجولين بَحّثوا عن الثروة.

وخلت كتب هذه الفترة في معظمها من الإبداع والأصالة وشاعت طرق التزييف والخداع فكان البعض يحضر مسماراً نصفه من الحديد والنصف الآخر ذهباً مغطى بلون أسود، ثم يأتي أمام الناس ويغمس المسمار في سائل يذيب الطلاء الأسود فيبدو، على أثر ذلك، للناظرين وقد استحال جزء من المسمار إلى معدن الذهب، كما كان آخرون يعمدون إلى قطعة من العملة المصنوعة من الفضة البيضاء والذهب ويغمسونها في حامض النيتري فتنحل الفضة ويبقى الذهب منفصلاً على حدة إلى غير ذلك من الحيل الكثيرة التي حفلت بها مؤلفات تلك الفترة.

وفي القرن السادس عشر ظهرت مدرسة شهيرة اسمها «باراسيلمبوس» الذي اعتقد في حجر الفلاسفة وأكسير الحياة وحاول تطبيق الكيمياء على الطب.

ولم يفقه المشتغلون بالكيمياء إذ ذاك حقيقة ما ألغز به جابر ابن حيان وغيره

من المسلمين فحملوا عباراتهم على ظاهرها وظنوا في «الإكسير» أموراً لم يذهب إليها أحد من المسلمين كالاعتقاد بأنه مطهر يمحو الآثام ويغفر الخطايا ويضمن لحامله توبة مقبولة ونعيماً مقيماً، فهو مناط السعادة الدنيوية والأخروية. وأوشكت هذه الأمور أن تطمس معالم الأثر العلمي الجليل الذي شيده العرب والذي ساعد على صفائه وخلوه مما سبقه أو لحقه من أمثال هذه الخرافات.

وحتى عصر متأخر ظل الاعتقاد بإمكان تحويل المعادن الخسيسة حتى بين أشهر العلماء. فقد قبل هذا الرأي، من الوجهة الأكاديمية على الأقل، «أندرياس ليبافيوس» Andreas Libavius (١٦١٦ م)، ف. دي لابوسلفيوس F. De la Boesylvius (١٦١٤ - ١٦٧٢ م) على الرغم من أن تلميذه «أوتوتاشينيوس» Ottotachenius قد رفضه رفضاً تاماً، كما رفضه أيضاً تلميذه «ج. ر كلوبر» J. R. Clauber (١٦٠٣ - ١٦٦٨ م) و«روبرت بويل» Robert Boyle (١٦٢١ - ١٦٩١ م) و«إسحق نيوتن» Sir Isaac Newton ومعاصره «ليبنتز» Leibniz (١٦٤٦ - ١٧٣٨ م).

والمتتبع لتاريخ الكيمياء في هذه الفترة يلاحظ مع جورج سارتون أنه: باستثناء نفر قليل من رجال العلم اللاتين فإنهم كانوا لا يزالون يهتمون في ضعف بمعالجة مثل هذه الأمور بطريقة مجردة دون أن يختبروا حقائقها في وضوح بالطريقة الممكنة الناجحة. فهذه الطريقة - طريقة التجربة والاستقراء - لم تكن قد أشرقت بينهم حتى ذلك الحين، أو طبعت بحوثهم العلمية.

ومن حسن حظ الكيمياء، أن ذلك لم يدم طويلاً فبقي ما يدفع العلم والناس وذهب الزبد جفاء، وتنبه العلماء لأمور الزيف والضلال هذه وحاربوها. وبذلت عناية فائقة لتحديد خصائص المواد الكيميائية وتأثيرها على بدن الإنسان. وأفادت الكيمياء حقيقة، حينما تولاها نفر أوتوا من الثقافة العلمية الواسعة حظاً كبيراً، فوضعوا حداً لذلك الصراع العلمي من خلال ما ظهر من بحوث جريئة ابتداء من القرن السابع عشر حول أصل المادة وطبيعتها وقوانين الكيمياء وطرق البحث الكيميائي على أيدي روبرت بويل وبريستل ولافوازييه وغيرهم من الرواد المحدثين.

الباب الثاني

الكيمياء العامة

مفاهيم أساسية

الفصل الأول

ما هي الكيمياء

مقدمة

إن كل الأشكال والأجسام المألوفة بالنسبة لنا والمحيطة بنا، عبارة عن مواد كيميائية بدءاً من الورقة والقلم وانتهاءً بالسماء والنجوم. لكن إذا حاولنا أن نكون أكثر دقة في محاولتنا لتعريف علم الكيمياء لقلنا إنّ هذا العلم هو ذلك الذي يهتم بتغيرات المادة ويدرس تركيب وبنية المواد وعلاقة وخواص المواد بتركيبتها وبنيتها الداخلية والشروط والطرق التي تتحول المادة من خلالها إلى مادة أخرى.

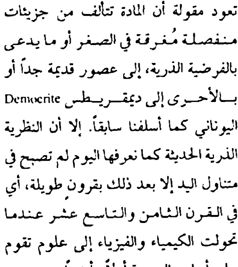
فالرصاصة النحاسية التي تنطلق من فوهة مسدس وترتطم في نهاية مسارها بحجر صلب، تسخن إلى درجة الانصهار وتتحول إلى سائل، ثم يتأكد المعدن السائل بسبب الرطوبة الموجودة في الهواء ويتحول إلى صدأ على شكل قشرة رقيقة خارجية. نقول عن التغير الذي طرأ على



النحاس عندما انتقل من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بأنه تغيرٌ فيزيائيٌ، وعن التغير الذي طرأ على طبقته السطحية عندما تعرضت للهواء الرطب إنه تغير كيميائي.

ومن هنا نكتشف مدى قوة ارتباط علم الكيمياء بالفيزياء إذ إن أي تغير كيميائي لا بد وأن يترافق بتغيرات في الصفات الفيزيائية للمادة.

النظرية الذرّية الجزيئية



تعود مقولة أن المادة تتألف من جزيئات منفصلة مُغرقة في الصغر أو ما يدعى بالفرضية الذرية، إلى عصور قديمة جداً أو بالأحرى إلى ديمقريطس Democrite اليوناني كما أسلفنا سابقاً. إلا أن النظرية الذرية الحديثة كما نعرفها اليوم لم تصبح في متناول اليد إلا بعد ذلك بقرون طويلة، أي في القرن الثامن والتاسع عشر عندما تحولت الكيمياء والفيزياء إلى علوم تقوم على أساس التجربة أولاً وأخيراً.

تقوم النظرية الذرية الجزيئية على أساس «البنية المتقطعة للمادة» أي أن المادة لا تتألف من كتل مُصمتة لا فراغ فيها بل من دقائق صغيرة متباعدة عن بعضها. وعلى أن الاختلاف بين المواد وصفاتها يكمن في الاختلاف بين هذه الدقائق الصغيرة. فدقائق المادة الواحدة متماثلة ودقائق المواد المختلفة مختلفة أيضاً.

تتألف كل هذه الدقائق بالنسبة لمعظم المواد



هناك اتصال واضح بين المادة المغرقة في الصغر كالذرات والجزيئات وتلك المُغرقة في الكبر كالكواكب والأجرام السماوية. تُظهر الصورة مركز المجرة الكونية التي تتبع لها مجموعتنا الشمسية

مما يدعى بالجزيئات Molécules والجزيء تعريفاً هو أصغر جزء من المادة يتمتع بالصفات الكيميائية لهذه المادة. كما تتألف الجزيئات نفسها من ذرات atomes. حيث الذرة هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي يتمتع بصفات هذا العنصر الكيميائية. قد يدخل في تركيب الجزيء أعداد مختلفة من الذرات، فمثلاً جزيئات الغازات النادرة كالهليوم Helium مثلاً وحيدة الذرة والهيدروجين والآزوت Azote ثنائية الذرة

أما البروتينات Proteines فتتألف من مئات ألوف الذرات.
وتتحد الذرات مع بعضها ليس فقط بنسب مختلفة بل بأشكال مختلفة أيضاً، لذا، يستطيع عدد قليل نسبياً من العناصر أن يُشكل أعداداً كبيرة جداً من المواد.

قانون انحفاظ الكتلة

إن العالم مادي، وكل ما هو موجود فيه يتألف من مواد متحركة متغيرة ومتطورة من شكل لآخر. وما تبريد وتسخين الأجسام وإطلاق الضوء والتيار الكهربائي والتحولات الكيميائية، إلى أشكال متنوعة لحركة المادة. قد يتحول أحد أشكال حركة المادة إلى شكل آخر كتحول الحركة الميكانيكية مثلاً إلى حركة حرارية والحرارية إلى كيميائية، وأثناء ذلك كله يسيطر قانون واحد ثابت وهو أن لا شيء أبداً يخلق من عدم أو يتحول إلى عدم.
من هنا وانطلاقاً من هذه الحقيقة استطاع العالم الروسي لومونوسف Lomonossov في عام ١٧٥٦ من خلال مراقبة أوزان المواد الداخلة في التفاعل وتلك الناجمة عنه أن يكتشف قانون انحفاظ الكتلة القائل:
كتلة المواد الداخلة في التفاعل تساوي كتلة المواد الناتجة عنه.
The mass of the reacting materials is equal to the mass of the resulting ones
La masse des matières subissant la réaction est *égale* à la masse des matières qui en résultent.

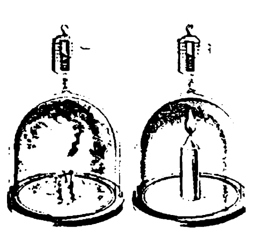


آنشتاين الذي قال «ان مصير البشرية بشكل عام هو ذلك الذي تستحقه».

بعد هذا الحدث الهام في عالم الكيمياء استطاع لافوازييه Lavoisier الفرنسي في عام ١٧٨٩ أن يصل إلى نفس النتيجة وبشكل مستقل عن لومونوسف Lomonossov وأضاف بأنه أثناء التفاعلات الكيميائية تكون الكتلة الكلية للمواد ثابتة وكتلة كل عنصر من العناصر الداخلة في تركيب المواد المتفاعلة ثابتة أيضاً. في عام ١٩٠٥ أثبت العالم الألماني البرت آنشتاين

Albert Einstein أن هناك علاقة بين كتلة الجسم m وطاقته E. هذه العلاقة الحلم التي كثيراً ما ساورت أذهان الباحثين في كل مكان والتي تكشف سر السؤال التالي: إذا كانت المادة تتحول إلى طاقة من خلال الاحتراق مثلاً، فَلِم لا تتحول الطاقة إلى مادة؟ وقد جَسَّد ذلك من خلال المعادلة التالية: $E = mc^2$

حيث (C) سرعة الضوء في الفراغ وهي تساوي حوالي ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية. وتعتبر هذه المعادلة صحيحة بالنسبة للأجسام الكبرية Macro والصغرية Micro على حد سواء.

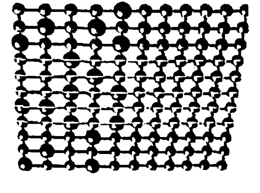


لا تخلق المادة من عدم، ولا تفنى في عالم الكيمياء. يمكن التأكد من قانون ثبات الكتلة هذا باختبار معروف تحترق فيه شمعة ضمن ناقوس زجاجي أُخِذَ وزنه سابقاً (أ) في نهاية الاختبار، يكون ثقل الجرس ومحتوياته (ب) مساوياً لثقله عند بدء التجربة. رغم أن جزءاً من الشمعة قد اختفى.

المادة البسيطة والعنصر الكيميائي

تتمتع كل المواد بعدد من الصفات الفيزيائية والكيميائية الخاصة بها. وإذا دخلت أية مادة بسيطة في تفاعل كيميائي ما وتحولت إلى مادة أخرى، تعرضت قطعاً لتبدلات جوهرية في صفاتها هذه.

فالحديد مثلاً إذا اتحد مع الكبريت يفقد البريق المعدني وقابلية الطرق والصفات المغناطيسية إلخ...



تُمثل الدوائر البنفسجية ذرات الجرمانيوم، في حين تمثل البُنِّية منها ذرات السيليكون. ان ذرات السيليكون المجتمعة في أسفل هذه البلورة تُشكل في مجموعها المادة البسيطة. أما ذرات الجرمانيوم والسيليكون الموجودة في أعلى البلورة فتُشكل ما يُعرف باسم العنصر المركب.

وانطلاقاً من هنا نقول إنّه في كبريت الحديد، ليس هناك حديد بصفاته المعروفة لدينا، كمادة بسيطة لكن هناك عنصر الحديد أي تلك المادة التي يتركب منها معدن الحديد. فالعنصر الكيميائي تعريفاً هو نمط من الذرات يختلف عن غيره بمجموعة محددة من الصفات.

عند اتحاد ذرات العنصر الواحد مع بعضها البعض تتشكل لدينا المواد البسيطة، أما عند اتحاد ذرات العناصر المختلفة مع بعضها البعض فنحصل على المواد المركبة أو ربما على مزيج من المواد البسيطة.

ظاهرة التآصل Allotropy

لإتمام فهم ما ورد أعلاه لا بد من ذكر ظاهرة التآصل Allotropy وهي عبارة عن تواجد العنصر الكيميائي الواحد على شكل عدة مواد بسيطة. ولنأخذ مثلاً على ذلك الفوسفور، تلك المادة البيضاء السامة جداً نصف الشفافة، تنصهر في درجة ٤٤،٢ درجة مئوية المُشعة في الظلام، وربما تشتعل تلقائياً دون أي تدخل خارجي. إذا سخنا الفوسفور بمعزل عن الهواء المحيط تتغير كل صفاته المذكورة سابقاً على الرغم من عدم حصول أي تغير كيميائي أساسي، حيث نراه يتحول إلى اللون الأحمر البنفسجي ويتوقف عن اللمعان في الظلام ويصبح غير سام وغير قابل للاشتعال في الهواء. تُفَسَّر ظاهرة التآصل هذه، أي ظاهرة وجود عدة أشكال متآصلة للمادة الواحدة Formes allotropiques تبعاً للشروط المحيطة، إما بسبب تشكل الجزيئات من أعداد مختلفة من الذرات أو من خلال الاختلاف في البنية البلورية فيما بين هذه الأشكال.



هناك في الطبيعة حوالى ١٠٠ عنصر تتواجد بنسب مختلفة جداً يقع في قمتها من حيث الوفرة الأكسجين والسيليوم.
وتكون نسبة أقل من ١٠ عناصر فقط حوالي ٩٨٪ من كمية المجموع ككل.

هل هناك نسب محددة تتحد من خلالها العناصر الكيميائية مع بعضها؟

لقد أدى تطور طرائق التحليل الكمية وجعلها أكثر دقة في نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر إلى توضيح عدة مفاهيم كانت ما تزال غامضة قبل ذلك كمفهوم اتحاد العناصر الكيميائية مع بعضها البعض. فقد تبين أنه عندما تتحد العناصر الكيميائية لتشكل المواد المركبة والمعقدة، إنما يتم ذلك وفقاً لنسب كتلية ثابتة ومحددة بغض النظر عن الطريقة المتبعة للحصول على هذه المواد.

تتحد ذرات الهيدروجين مع الأكسجين لاعطاء الماء وفقاً لنسب كتلوية ثابتة ومحددة بدقة متناهية.

شوارد H^+

شوارد OH^-

الماء النقي

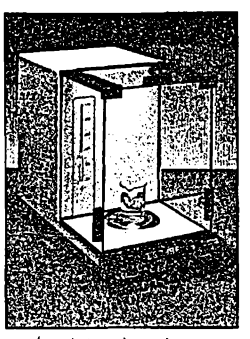
وإذا نتج عن اتحاد عنصرين كيميائيين عدة مواد كيميائية، فإن نسبة كتلة أحد هذين العنصرين إلى نفس الكتلة من الآخر تتمثل دائماً بأرقام صحيحة صغيرة.

لتوضيح ذلك رقمياً نأخذ مثال اتحاد الكربون مع الأكسجين. حيث يتحد هذان العنصران ويعطيان مادتين أو مركبين هما أول أكسيد الكربون الذي يحتوي ٤٢٪ من كتلته كربون و٥٧،١٢٪ من كتلته أكسجين. وثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي ٢٧،٢٩٪ من كتلته كربون و٧٢،٧١٪ من كتلته أكسجين. بقسمة قيمة النسبة المئوية لكل من الأكسجين والكربون في المركبين سالفي الذكر نحصل على الرقم ١،٣٣ والرقم ٢،٦٦ حاصل ضرب ١،٣٣ باثنين. مما يؤكد القاعدة المذكورة أعلاه.

المركب	المحتوى ٪ (كتلة)		عدد واحدات كتلة الأكسجين المرتبطة مع واحدة كتلة من الكربون
	أكسجين	كربون	
أول أكسيد الكربون	٥٧،١٢	٤٢،٨٨	١،٣٣
ثاني أكسيد الكربون	٧٢،٧١	٢٧،٢٩	٢،٦٦

لقد بينت معطيات العلم الحديث أن هذه المفاهيم صحيحة عموماً وتنطبق على الغالبية العظمى من المركبات المعروفة، إلا أنها لا تُفسر كل الظواهر والمكتشفات ولا تنطبق على كل المركبات إذ تبين عند اكتشاف النظائر (انظر ص ٩٥) أن النسبة بين كتلة العناصر الداخلة في بنية مادة معينة ثابتة فقط في حال ثبات تركيبة نظائر هذه العناصر وأنه إذا تغير نظير العنصر تتغير البنية الكتلوية للمادة.

فمثلاً الماء الثقيل يحتوي ٢٠٪ من كتلته هيدروجين، بينما الماء العادي يحتوي ١١٪فقط. كما أن هناك مركبات ذات تركيب متبدل، حيث يتفاعل عدد من كتلة العنصر الأول مع واحدة الكتلة التابعة للعنصر الآخر. كما هو الحال بالنسبة للبزموت Bismuth والتاليوم Thallium إذ يتفاعل مع واحدة كتلة التاليوم إما ١،٢٤ او ١،٨٢ واحدة كتلة من البزموت.



باستخدام الموازين الحساسة الحديثة أصبح بالامكان قياس الأوزان بدقة تصل حتى خمسة أو ستة أرقام بعد الفاصلة.

قانون النسب الحجميّة وقانون آفوكادرو AVOGADRO

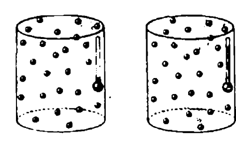
يعود الفضل في إجراء أول البحوث الكمية على التفاعلات الغازية إلى العالم الفرنسي غي ـ لوساك Gay-Lussac الذي استطاع من خلال قياس حجوم الغازات الداخلة في التفاعل والخارجة منه أن يطلق قانونه الشهير المعروف باسم قانون العلاقات الحجمية البسيطة أو قانون غي ـ لوساك الذي ينص على أن:

«حجوم الغازات الداخلة في التفاعل تتناسب مع بعضها ومع الغازات المتشكلة جراء هذا التفاعل، على شكل أرقام صغيرة وصحيحة».

The reacting gases volumes are proportional to each other and to the formed from this reaction in the form of small and absolute numbers.

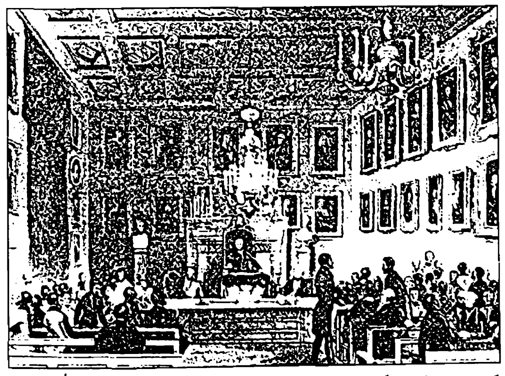
Les volumes des gaz subissant la réaction sont proportionnels à eux-mêmes, ainsi qu'aux gaz résultant de cette réaction en forme de nombres petits et entiers.

فعند تفاعل حجمين من الهيدروجين مع حجم واحد من الأكسجين يتشكل لدينا حجمان من بخار الماء، أي أن النسبة هي ١:٢. طبعاً على أن يتم ذلك في الشروط المحيطة نفسها أي تحت نفس درجة الحرارة والضغط.



اذا اختلفت درجة الحرارة (أو الضغط)، تتغير حركة الجزيئات ويختلف عددها في حجم محدد من الفراغ.

كما قام العالم الإيطالي AVOGADRO في عام ١٨١١ بشرح العلاقات البسيطة القائمة بين الحجوم الغازية والملاحظة أثناء التفاعلات



كانت (جمعية لندن الملكية لتطوير المعارف الطبيعية، التي أسست عام ١٦٦٠، واحدة من أقدم الجمعيات التي أحدثت لتحسين الاتصالات العلمية. وكانت هذه الجمعيات تقوم بتقويم المخترعات وتعمل على نشرها.

الكيميائية من خلال قانونه الذي يقول: في الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة وتحت نفس الشروط من الحرارة والضغط، هناك نفس العدد من الجزيئات.

The equal volumes of different gases, under the same conditions of heat and pressure, have the same number of molecules.

Dans les volumes égaux des différents gaz, et sous les mêmes conditions de température et de pression, ainsi qui avec le même nombre de molécules.

استطاع آفوكادرو AVOGADRO (١٧٧٦ ـ ١٨٥٦) من خلال هذا القانون أن يُدخل إلى علم الكيمياء مفهوم الجزيء بوصفه أصغر جزء من المادة وفي نفس الوقت أن يحافظ على مفهوم الذرة. كما سمح باستنتاج عدد الذرات في جزيئات الغازات وعلى أساسه اكتَشَفَ عدد الذرات في جزيئات بعض الغازات كالهيدروجين والكلور والأكسجين وتبين أنها تتألف من ذرتين اثنتين. وقد لعب هذا القانون دوراً كبيراً في تحديد الكتلة الذرية للعناصر والكتل الجزيئية للمواد المعقدة.

الكتلة الذرية والجزيئية

اعتمد العلماء في أول الأمر أثناء حسابهم لكتل العناصر الذرية على كتلة ذرة الهيدروجين واعتبروها وحدة القياس لكونها أكثر العناصر خفة (تساوي الواحد) وقاسوا الكتلة الذرية لكل العناصر نسبة إليها. إلا أنه ونظراً لأن الكتلة الذرية لمعظم العناصر تُقاس انطلاقاً من مركبات هذه العناصر مع الأكسجين، فقد كانت الكتلة الذرية تُحسب عملياً نسبة إلى كتلة الأكسجين الذرية التي اعتبر أنها تُساوي ١٦ (للدقة نقول إن الكتلة الذرية للهيدروجين تساوي (١،٠٠٧٩ وللأكسجين تساوي ١٥،٩٩٩٤). في عام ١٩٦١ ولأسباب علمية تهدف إلى تسهيل الحسابات وتوحيدها عالمياً، خَلُصَ الباحثون إلى تعريف وحدة الكتلة الذرية على أنها ١/١٢ من الكتلة الذرية لنظير الكربون C^{12}.

واعتبر أن الكتلة الجزيئية لأية مادة لا على التعيين عبارة عن مجموع الكتل الذرية للعناصر المكونة للجزيء، فكتلة H_2 مثلاً تساوي إلى ٢،٠١٥٨ (٢ x ١،٠٠٧٩) وكتلة O_2 تساوي إلى ٣١،٩٩٨٨ (٢ x ١٥،٩٩٩٤).

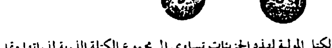
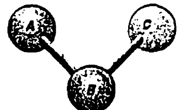
المول

المول تعريفاً هو كميَّة المادة التي تحتوي على عدد من المقومات البنيوية الأولية (جزيئات أو شوارد أو ذرات أو إلكترونات) مساوٍ لعدد هذه المقومات الموجودة في ١٢ غراماً من نظير الكربون C^{12}. وعند استعمال مفهوم المول لا بد من الإشارة إلى نوع المركب الذي نعنيه. إذ إن مول واحد من H الذري يختلف عن مول واحد من جزيء H_2 مثلاً.

وقد أصبح بالإمكان في الوقت الراهن تحديد عدد المقومات البنيوية الموجودة في مول واحد من المادة (عدد أفوكادرو) حيث تبين أنه يساوي إلى: 6.02×10^{23}

تدعى كتلة مول واحد من المادة بالكتلة المولية وهي تقدر بالغرام/مول وتتناسب طرداً مع الكتلة الذرية للعنصر. وهكذا فإن الكتلة المولية للهيدروجين الذري تساوي ١،٠٠٧٩ غ/مول وللهيدروجين الجزيئي ٢،٠١٥٨ غ/مول وهكذا دواليك.

ولا بد من الإشارة إلى أن مولاً واحداً من أي غاز لا على التعيين تحت الشروط الطبيعية (٧٦٠ ملم زئبق وحرارة ٠ مئوية) يشغل حجماً محدداً ثابتاً يساوي ٢٢،٤ ليتر وإلى أن هذا الحجم يُدعى بالحجم المولي للغاز الموجود في الشروط الطبيعية.

الكتل المولية لهذه الجزيئات تساوي الى مجموع الكتلة الذرية لذراتها مقدرة بالغرام (غ/مول).

التكافوء Equivalence

ترى ما المعني بكلمة تكافؤ؟

إن هذا المصطلح الهام للغاية بالنسبة لكل من يعمل في مجال الكيمياء معقد بعض الشيء ويعبر عنه بعدة أشكال. لكن أبسط تعريف له هو أن:

تكافؤ العنصر عبارة عن مقدرة ذراته على

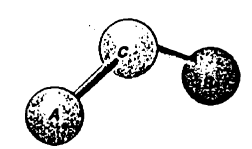
الاتحاد مع الذرات الأخرى وفقاً لنسب محددة، أو أنه عدد الروابط الكيميائية التي تشكلها ذرة هذا العنصر.

لقد اعتبرت واحدة التكافؤ في بادئ الأمر، تكافؤ ذرة الهيدروجين. لذا فإن تكافؤ أي عنصر آخر عبارة عن عدد ذرات الهيدروجين التي يضمها إليه هذا العنصر أو تحل محل ذرة واحدة منه.

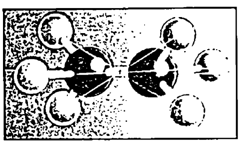
وإذا عبرنا عن التكافؤ بهذا الشكل يصبح اسمه التكافؤ الهيدروجيني أو تكافؤ المركبات الهيدروجينية. وهكذا نجد أن تكافؤ الكلور والكبريت والآزوت في المركبات CH₄، H₂S، HCL هي على التسلسل ١، ٢، ٤.

إلا أنه لا يجب أن نخلط بين مفهوم التكافؤ Equivalence ومفهوم المكافئ Equivalent فالتكافؤ هو ما أسلفنا ذكره سابقا.

أما مكافئ العنصر فهو كمية هذا العنصر التي ترتبط مع مول واحد من ذرات الهيدروجين أو تحل محل نفس هذه الكمية من ذرات الهيدروجين في التفاعلات الكيميائية، وهكذا وإذا أخذنا نفس المثال السابق أي CH_4، H_2S، HCL لوجدنا أن



ان تكافؤ الذرة A هو ١ وكذلك B. بينما تكافؤ الذرة C فهو ٢.



الايثان غاز لكل من جزيئاته ذرتا كربون (الكرتان الزرقاوان) وست ذرات هيدروجين (الكرات الخضراء). ومنه نجد أن تكافؤ الكربون يساوي الى أربعة.

مكافئ الكلور والكبريت والكربون هي على التسلسل ١ مول و١/٢ مول و١/٤مول. ويكون المكافئ الكتلي مساوياً لكتلة هذا المكافئ، أي أن المكافئ الكتلوي للكلور والكبريت والكربون يُساوي تباعاً ٣٤،٤٥ غ/مول و٣٢،٩÷ ٢ = ١٦ غ/مول. و١٢÷٤ = ٣ غ / مول.

الرموز الكيميائية

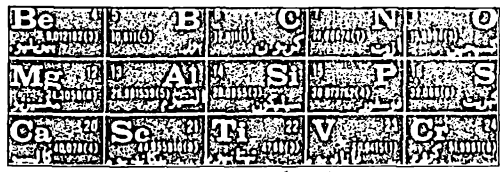
لقد حصلت العناصر الكيميائية على الرموز التي تشتهر بها في أيامنا هذه على يد العالم السويدي برزيليوس Berzelius في عام ١٨١٣، الذي اقترح أن يُرمز للعناصر

بالحروف الأولى من أسمائها اللاتينية. كأن يكون رمز الاكسيجين (Oxygenium) O، والكبريت (Sulfur) S، والهيدروجين (Hydrogenium) H. أما إذا تشابهت أسماء عدة عناصر مع بعضها البعض، فيضاف إلى الرمز الحرف الذي يلي الحرف الأول في الاسم اللاتيني. وهكذا في حالة الكربون (Carbonium) والكالسيوم (Calcium) والنحاس (Cuprum) يرمز للكربون C وللكالسيوم Ca والنحاس Cu وهكذا دواليك.

ولا تعني الرموز مجرد اختصارات لأسماء العناصر بل تتجاوز ذلك كونها تدل على كميَّاتها (كتلتها) أي أن كل رمز يعني إما ذرة واحدة من العنصر أو مول واحد من ذراته أو كتلة معينة من العنصر تساوي الكتلة المولية لهذا العنصر.

فمثلاً الرمز C يعني ذرة واحدة من الكربون أو مول واحد من ذراته أو ١٢ واحدة كتلوية ذرية (عادة ١٢ غرام) من الكربون.

وكما هو الحال بالنسبة لرموز العناصر، فإن صيغ المواد تدل أيضاً ليس فقط على بنية أو تركيب المواد بل تدل على كميتها وكتلتها. فالصيغة H_2O تدل على جزيء ماء واحد أو مول ماء واحد أو ١٨ واحدة كتلوية من الماء (عادة يقال ١٨ غرام).



بعض العناصر الكيميائية ورموزها المتعامل بها

تصنيف المواد الكيميائية اللاعضوية

تقسم المواد بشكل عام إلى مواد بسيطة وأخرى معقدة مركبة. وتتألف البسيطة منها من ذرات عنصر واحد أما المعقدة فيدخل في تركيبها عنصران أو أكثر.

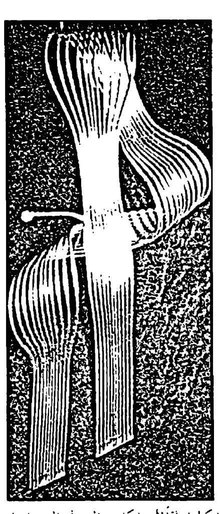
(أ) المواد البسيطة

تُقسم المواد البسيطة إلى معادن ولا معادن

تبعاً للخواص والاختلافات الفيزيائية الموجودة في بنية هذه المواد.

- المعادن Les métaux

تتصف المعادن بالبريق المعدني وقابلية الطرق والسحب. حيث بالإمكان طرقها لتأخذ شكل صفائح رقيقة أو سحبها لتأخذ شكل أسلاك دقيقة. وهي تتمتع بناقلية جيدة للحرارة والكهرباء.







قابلية الطرق والسحب التي تتمتع بها المعادن تجعل من الممكن تشكيلها وفقاً لأي شكل حماني يرتأيه المرء مناسبا.

- اللامعادن les non-métaux

عبارة عن مواد عديمة البريق المعدني، هشة، سيئة في نقل الكهرباء والحرارة. بعضها يوجد في درجة حرارة الغرفة على شكل غاز.

(ب) المواد المعقدة

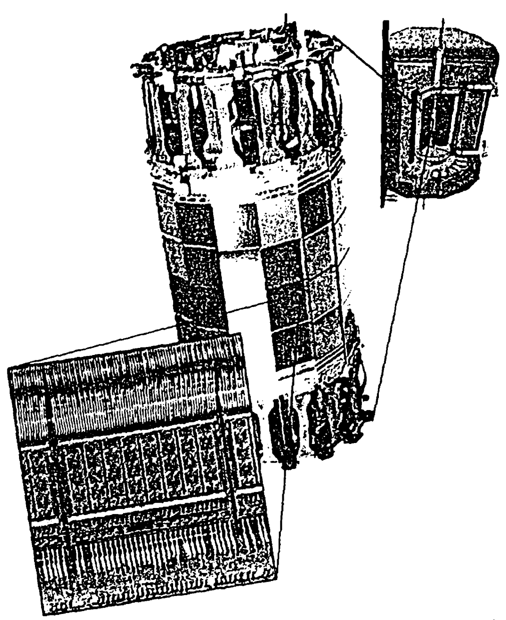
أما بالنسبة للمواد المعقدة أو المركبة فهي تقسم إلى مركبات عضوية ولا عضوية. والمقصود بالمركبات العضوية، تلك المركبات التي يدخل فيها الكربون كمادة رئيسية ويشكل عنصراً هاماً في تركيبها. وهي توجد في كل الكائنات الحية والمواد الناتجة عنها.

أما المركبات اللاعضوية فهي كل المركبات المتبقية بعد استثناء العضوية منها، ويصل عددها إلى حوالي ٣٠٠ ألف مركب معروف حتى الآن.

من بين المركبات اللاعضوية الأكثر أهمية نجد:

١ - الأكاسيد les oxides: عبارة عن اتحاد

العناصر مع الأكسجين. ولكلٍ منها صفات كيميائية خاصة به. فبعضها يعطي بتفاعله مع الماء الأحماض وبعضها الآخر يُعطي القلويات وبعضها يعطي هذا وذاك، بينما بعضها الآخر



عُرف السيليكون (السيليسيوم) ـ اكسير ثورة الالكترونيات واللامعدن الأكثر أهميّة فيها منذ زمن طويل كمادة ذات قابلية تكيف غير عادية. يُظهر الشكل مكشافاً سيليكونياً ميكروياً يستخدم للتحديق في المكنون الداخلي للمادة.

لا يعطي أية أحماض أو قلويات.

٢ ـ القلويات les bases: تتألف هذه المركبات من ارتباط المعادن مع زمرة الهيدروكسيل OH أحادية التكافؤ التي يعادل عددها في القلويات تكافؤ المعدن. وكمثال عليها نأخذ المركب الأكثر شهرة المدعو بالصود الكاوي NaOH.

وتقسم القلويّات إلى قلويات قوية (ذوابة في الماء) مثل KOH وNaOH وقلويات ضعيفة (غير ذوابة أو ضعيفة الذوبان في الماء) مثل $Fe(OH)_2$ و$Fe(OH)_3$.

ووفقاً للمصطلحات الحديثة تعرّف القلويات على انها المواد المستقبلة للبروتونات.

٣ ـ الحموض les acides: تتركب هذه المواد من الهيدروجين القادر على أن يُستَبدَل بالمعادن أو بثمالة (بقية) الحمض. واستناداً إلى تعريف التكافؤ الوارد أعلاه، من البديهي أن نقول: إنّ عدد ذرات الهيدروجين في الحمض هو نفسه عدد تكافؤ المعدن الداخل في تركيب الحمض. كمثال على الحموض نأخذ HCL حمض كلور الماء وH_2SO_4 حمض الكبريت. ووفقاً للمصطلحات الحديثة تُعرَّف الحموض على أنها المواد المانحة للبروتونات.

من أهم صفات الحموض مقدرتها على تشكيل الأملاح عند تفاعلها على القلويات.

يؤدي تفاعل الحمض مع القلوي الى تشكيل ملح الطعام والماء وفقاً للمعادلة التالية:

$$NaOH + HCL = NaCL + H_2O$$

الحسابات الكيميائية

لقد كانت الحسابات الكيميائية من أهم نتائج النظرية الذرية ـ الجزيئية. حيث قامت هذه الحسابات على الأساس النظري القائل بإمكانية التعبير عن تركيب المواد من خلال الصيغ والمعادلات الكيميائية. وعن التفاعلات الجارية بين المواد من خلال هذه المعادلات. حيث تعطي الصيغة الكيميائية الكثير من المعلومات عن المادة. فهي وقبل كل شيء تدل على العناصر الداخلة في تركيبها وكم عدد الذرات التابعة لكل عنصر

من هذه العناصر. كما أنها تسمح بحساب عدد من القيم المميزة لهذه المادة كالكتلة الجزيئية والمكافئ والنسبة المئوية لتركيب المواد المعقدة وحجم الغازات في الشروط النظامية. وبالإمكان من خلال المعادلات معرفة الكتل الجزيئية للمواد الداخلة في التفاعل والعلاقات الكمية الموجودة بين المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه.

فمثلاً من خلال المعادلة البسيطة التالية يتبين أن مولين من الصود الكاوي $NaOH$ يتفاعلان مع مول واحد من حمض الكبريت مما يؤدي لتشكل مول واحد من ملح كبريت الصوديوم ومولين ماء.

$$NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

يوضح الجدول التالي صيغة بعض الحموض والأملاح الطبيعية الموافقة لها.

الحموض		اسم الملح الطبيعي الموافق
الاسم	الصيغة	
حمض الآزوت	HNO_3	النيترات
حمض الآزوتي	HNO_2	النيتريت
بروم الهيدروجين	HB_r	البروميدات
حمض السيليكون	$H_2S_iO_3$	السيليكات
حمض المنغنيز	HM_nO_4	برمنغنات
حمض الكبريت	H_2SO_4	السولفات
حمض الكبريتي	H_2SO_3	السولفيت
حمض الكربون	H_2CO_3	الكربونات
حمض كلور الماء	HCL	الكلوريدات
سيان الهيدروجين	HCN	السيانيدات

قانون مندليف Mendeleïev الدوري

قام مندليف Mendeleïev في عام ١٨٦٩ بما عجز عنه الكثير من الباحثين قبله، فقد اقتصرت محاولات من سبقه على أهداف تصنيفية بحتة ولم يذهبوا إلى أبعد من ترتيب العناصر ضمن مجموعات على أساس تشابه صفاتها الكيميائية. أما هو فقد كان وعلى خلاف من سبقه مؤمناً بأن هناك ثمة علاقة معينة بين كل العناصر الكيميائية،

تربط بينها في كل واحد متكامل. وقد توصل إلى أن أساس هذا التصنيف الكبير لا بد وأن يكون الكتلة الذرية النسبية. وفي واقع الأمر، عندما قام مندليف Mendeleïev بوضع كل العناصر وفقاً لتعاظم كتلها الذرية، اكتشف أن العناصر ذات الصفات الكيميائية والفيزيائية المتشابهة تتواجد وتتكرر عبر دورات محددة. وقد عَبَّر عن ذلك بقانونه الذي شكل أساس تقدم علم الكيمياء لعشرات العقود بعد ذلك التاريخ. حيث يقول:

- إن صفات الأجسام البسيطة وكذلك أشكال وصفات مركبات العناصر توجد بعلاقة دورية تبعاً لكتلها الذرية.

The characteristics of simple substances and also the forms and characteristics of compounds, are found with a periodical relation according to their atomic masses.

Les caractéristiques des corps simples, ainsi que les formes et les caractéristiques des composants des éléments, se trouvent en une relation périodique en accord avec leurs masses atomiques.

٤ ـ كتلة المواد الداخلة في التفاعل تساوي كتلة المواد الناتجة عنه.

ولكي نتعرف على هذه العلاقة الهامة للغاية سندرس بشيء بسيط من التفصيل أول ٢٠ عنصراً من حيث ازدياد الكتلة الذرية. وسنكتب تحت رمز كل عنصر الكتلة الذرية وصيغة الأكسيد التابع له والموافق لتكافؤه الأكبر.

١٤ آزوت N_2O_5	١٢ كربون CO_2	١٠،٨ بور B_2O_3	٩ بيريليوم BeO	٦،٩ ليتيوم Li_2O	٤ هليوم -	١ هيدروجين H_2O
٢٨،١ سيليسيوم SiO_2	٢٧ ألومينيوم AL_2O_3	٢٤،٣ مغنيزيوم MgO	٢٣ صوديوم Na_2O	٢٠،٢ نيون -	١٩ فلور F_2O	١٦ أوكسجين -
	٤٠،١ كالسيوم CaO	٣٩،١ بوتاسيوم K_2O	٣٩،٩ آرغون -	٣٥،٥ كلور CL_2O_7	٣٢،١ كبريت SO_3	٣١ فوسفور P_2O_5

إذا تجاوزنا الهيدروجين والهيليوم نجد أن الليتيوم معدن أحادي التكافؤ، يتحلل بشدة في الماء ويعطي مادة قلوية. بعد الليتيوم هناك البيريليوم ثنائي التكافؤ الذي يتحلل بالماء ببطء في درجة الحرارة العادية. بعد البيريليوم نجد البور وهو عنصر ثلاثي التكافؤ ذو صفات لا معدنية خفيفة ويتمتع في الوقت نفسه ببعض صفات المعادن. العنصر التالي هو الكربون، رباعي التكافؤ واللامعدن. بعد ذلك يتالى الآزوت، العنصر ذو الصفات اللامعدنية الواضحة والأكسجين اللامعدن النموذجي. وفي النهاية نصل إلى العنصر السابع أي إلى الفلور اللامعدن الأكثر فعالية في هذه المجموعة والمنتمي لزمرة الهالوجينات.

إذاً الصفات المعدنية تكون واضحة جداً عند الليتيوم ثم تضعف تدريجياً عند الانتقال من عنصر لآخر مفسحة المجال للصفات اللامعدنية التي تكون قوية للغاية عند الفلور. وفي الوقت نفسه يزداد تكافؤ العنصر بالنسبة للأكسجين مع ازدياد الكتلة الذرية بدءاً من الليتيوم من خلال إضافة ١ لكل عنصر تال (الاستثناء الوحيد هو الفلور الذي يساوي تكافؤه تجاه الأكسجين واحد، الأمر الذي يُفسَّر على ضوء

اعتبر الباحث الإنكليزي جون دالتون John Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤) أن للذرات أثقالاً مختلفة. وأن ثقل ذرة معينة هو ثابت. وبحلول عام ١٨٠٨ كان قد وضع هذه اللائحة في محاولة منه لتصنيف ذرات العناصر المختلفة.

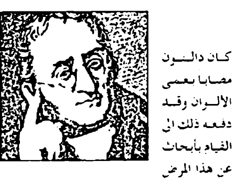
الخصوصية في الصفات التي تتمتع بها ذرة الفلور).

إذا استمر تغير الصفات بنفس الاتجاه، كان لا بد من أن يأتي بعد الفلور عنصر ذو خصائص لا معدنية قوية جداً، لكن الذي يحدث هو أن العنصر التالي للفلور هو غاز النيون الخامل الذي لا يرتبط مع غيره من العناصر ولا يُظهر أية صفات معدنية أو لا معدنية.

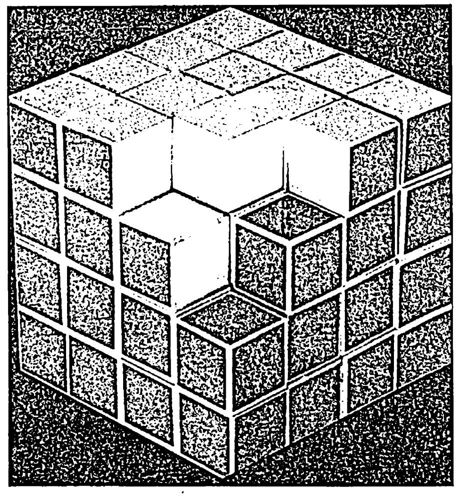
بعد النيون يأتي الصوديوم، المعدن أحادي التكافؤ المشابه لليتيوم. وبدءاً منه تعود

الصفات السابقة للظهور مرة أخرى بنفس التسلسل السابق.

حيث بعد الصوديوم هناك المغنيزيوم المشابه للبيريليوم ثم الألمنيوم الذي على الرغم من كونه معدناً إلا أن له صفات اللامعدن مثل البور ثلاثي التكافؤ.



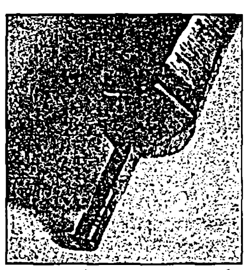
كان دالتون مصابا بعمى الألوان وقد دفعه ذلك الى القيام بأبحاث عن هذا المرض الذي يدعى أحيانا حتى الآن بالدالتونيه



استطاع مندليف Mendeleiev حل اللغز الأكثر تعقيداً في علم الكيمياء. وتوصل إلى فك رموزه من خلال اكتشاف الرابطة الجامعة لكل العناصر مع بعضها البعض وقد قام العلماء تكريماً له بتسمية العنصر ١٠١ الذي اكتشف عام ١٩٠٠ باسم مندليفوم.

وبعده، يأتي السيليسيوم اللامعدن رباعي التكافؤ الذي يشبه إلى حد بعيد الكربون. ثم الفوسفور خماسي التكافؤ المشابه للآزوت بصفاته الكيميائية ثم الكبريت، العنصر ذو الصفات اللامعدنية الواضحة. وبعد ذلك الكلور اللامعدن الفعال للغاية والمشابه للفلور. وأخيراً نصل إلى الغاز النادر من جديد، إنما هذه المرة اسمه الآرغون.

لقد أطلق مندلييف Mendeleïev على صف العناصر الذي تتغير فيه الصفات الكيميائية، اسم الدور Période، كذلك الصف الثاني الذي بدأ بالليثيوم وانتهى بالنيون. أو ذلك الذي بدأ بالصوديوم وانتهى بالآرغون. كما أطلق على الأعمدة الافتراضية التي تجمع العناصر المتشابهة فوق بعضها اسم المجموعات Groupes وقسم هذه المجموعات إلى مجموعات رئيسية وأخرى ثانوية. فإذا كتبنا العناصر المدروسة أعلاه بحيث يقع الصوديوم تحت الليثيوم والنيون تحت الأرغون نحصل على التوزيع التالي:



لم يكن مندليف Mendeleïev يعرف الجرمانيوم وهو معدن ينمى بهذا الشكل لصنع الترانزيستور، عندما اقترح جدوله الدوري. إلا أنه تنبأ عام ١٨٧١ بوجوده وبخصائصه وأسماه «إيكا - سيليسيوم» وهو اسم اشتقه من سيليسيوم وإيكا، وهي كلمة سنسكريتية تعني «واحد».

Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	AL	Si	P	S	CL	Ar

وفقاً لهذا الترتيب تقع العناصر المتشابهة بالصفات وذات التكافؤ الواحد عمودياً فوق بعضها البعض. وتتغير الصفات الكيميائية أفقياً بشكل دوري متعاقب. انطلاقاً من هنا، وضع مندلييف Mendeleïev جدولاً كاملاً مؤلفاً من أدوار ومجموعات. واستطاع بذلك التنبؤ بوجود عناصر لم تكن مكتشفة في زمنه وترك لها أمكنة بقيت شاغرة حتى اكتشفت هذه العناصر بعده بعشرات السنين.

نظام العناصر الدوري

قانون مندليف الدوري / ١٨٦٩ /

الدور	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	H 1 هيدروجين						(H)	He 2 هليوم		
2	Li 3 ليثيوم	Be 4 بيريليوم	B 5 بور	C 6 كربون	N 7 ازوت	O 8 اكسجين	F 9 فلور	Ne 10 نيون		
3	Na 11 صوديوم	Mg 12 مغنيزيوم	Al 13 ألمنيوم	Si 14 سيليكون	P 15 فوسفور	S 16 كبريت	Cl 17 كلور	Ar 18 ارغون		
4	K 19 بوتاسيوم	Ca 20 كالسيوم	Sc 21 سكانديوم	Ti 22 تيتانيوم	V 23 فاناديوم	Cr 24 كروم	Mn 25 منغنيز	Fe 26 حديد	Co 27 كوبلت	Ni 28 نيكل
	Cu 29 نحاس	Zn 30 توتياء	Ga 31 غاليوم	Ge 32 جرمانيوم	As 33 زرنيخ	Se 34 سيلينيوم	Br 35 بروم	Kr 36 كريبتون		
5	Rb 37 روبيديوم	Sr 38 سترنسيوم	Y 39 يتريوم	Zr 40 زركونيوم	Nb 41 نيوبيوم	Mo 42 موليبدن	Tc 43 تكنسيوم	Ru 44 روثينيوم	Rh 45 روديوم	Pd 46 بالاديوم
	Ag 47 فضة	Cd 48 كادميوم	In 49 انديوم	Sn 50 قصدير	Sb 51 انتيمون	Te 52 تلوريوم	I 53 يود	Xe 54 زنون		
6	Cs 55 سيزيوم	Ba 56 باريوم	La57–Lu71 *	Hf 72 هفنيوم	Ta 73 تنتاليوم	W 74 تنغستن	Re 75 رنيوم	Os 76 أزميوم	Ir 77 اريديوم	Pt 78 بلاتين
	Au 79 ذهب	Hg 80 زئبق	Tl 81 ثاليوم	Pb 82 رصاص	Bi 83 بزموت	Po 84 بولونيوم	At 85 استاتين	Rn 86 رادون		
7	Fr 87 فرانسيوم	Ra 88 راديوم	Ac89–(Lr)103 **	(Ku) 104 كورشتوفيوم	(Ns) 105 نيلزبوريوم	106	107			

Li 3 ليثيوم — العدد الذري — الكتلة الذرية النسبية

الكتلة الذرية النسبية وفقا لمعطيات عام ١٩٨٥

* اللانثانيدات

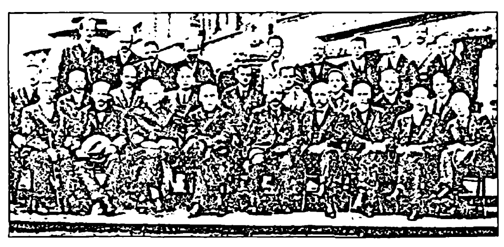
La 57 لنثانوم	Ce 58 سيريوم	Pr 59 براسوديميوم	Nd 60 نيوديميوم	Pm 61 بروميثيوم	Sm 62 ساماريوم	Eu 63 يوروبيوم	Gd 64 غادولينيوم	Tb 65 تربيوم	Dy 66 ديسبروسيوم	Ho 67 هولميوم	Er 68 اربيوم	Tm 69 ثوليوم	Yb 70 يتربيوم	Lu 71 لوتيشيوم

** الاكتينيدات

Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	(No) 102	(Lr) 103

البنية الذرية

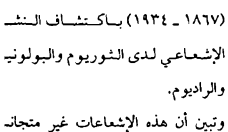
لفترة طويلة للغاية من الزمن سادت الأفكار التي مفادها أن الذرات هي نهاية المادة وأنها غير قابلة للانقسام ولا تحتوي عناصر أصغر منها. كما كان المعتقد أن الذرات ثابتة لا تتغير وبالتالي فإن ذرات العنصر الكيميائي وتحت أية ظروف مهما كانت لا تتحول إلى ذرات عنصر آخر. إلا أن القرن العشرين جلب معه العديد من



في الصورة مؤتمر سولفاي Solvay - بروكسل عام ١٩٢٧ الذي جمع علماء الذرة الأكثر شهرة في ذلك الزمن وكل «الأدمغة» التي شاركت في تطوير النظرية الكوانتية. وقد كان منهم هنري لورنتس Henri Lorentz رئيس المؤتمر - ٧٤ عاما (سنة واحدة قبل وفاته) وماري كوري Marie Curie - ٦٠ عاما. وماكس بلانك Max Plank ٦٩ عاما. وطبعا ألبرت آينشتاين Albert Enstein الذي اكتشف وهو في عمر ٣١ عاما فقط كل ما قامت عليه شهرته اللاحقة.

الحقائق والوقائع الدالة على البنية عالية التعقيد الموجودة في الذرة وعلى إمكانية تبدل وتغير الذرات. ومن أهم هذه الوقائع، اكتشاف تومسون Joseph John Thomson (١٨٥٦ ـ ١٩٤٠) للإلكترون وتعريفه له بأنه دقيقة مادة أولية تتمتع بأصغر شحنة كهربائية سالبة في الطبيعة وأنه ـ أي الإلكترون ـ موجود في ذرات كل العناصر دون استثناء. كما ساهمت ظاهرة الفعالية الإشعاعية في سبر أغوار طبيعة المادة وفك رموز بنيتها. فقد اكتشف بيكريل الفيزيائي الفرنسي Henri Antoine Becquerel (١٨٥٢ ـ ١٩٠٨) أن اليورانيوم يُصدر إشعاعات تعبر المواد وتؤدي إلى تشرد الهواء واحتراق أفلام التصوير.

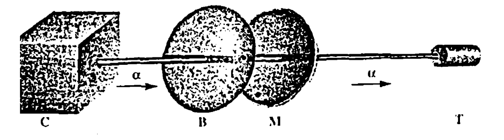
بعد ذلك بفترة وجيزة قامت ماري كوري سكلودوفسكايا Sklodovskaya MarieCurie



ارنست رذرفورد ـ أحد أهم العلماء في مجال النشاط الاشعاعي ـ ولد في ٣٠ ـ آب ـ ١٨٧١ في نيلسون ـ نيوزيلندا. عمل مدرساً للفيزياء في جامعة مونتريال كندا ثم في جامعة مانشستر عام ١٩٠٧. واعتباراً من ١٩١٩ في جامـ كامبريدج ولندن. وضع النظرية النووية للذرة ١٩١١ وحقق بعدها أول انقسام للذرة عندما ا نترونات من ذرات الآزوت.

(١٨٦٧ ـ ١٩٣٤) باكتشاف النشـ الإشعاعي لدى الثوريوم والبولونيـ والراديوم.

وتبين أن هذه الإشعاعات غير متجانـ فبعضها ينحرف تحت تأثير الحقـ



تجربة رذرفورد Rutherford

(c) ـ مكعب رصاصي وضع فيه منبع الأشعة α، (B) ـ حاجز تصويب الاشعاع α، (M) ـ الصفيحة المعد المعترضة للأشعة α، (T) ـ المكشاف الاشعاعي الذي يشير الى انحراف الأشعة لدى ارتطامها بـ والكترونات الذرات في الصفيحة المعدنية.

المغناطيسي نحو القطب الموجب (الإشعاع بيتا ـ β) وبعضها نحو القطب السالب (الإشعاع ألفا ـ α) وبعضها لا ينحرف أبداً (الإشعاع غاما ـ γ).

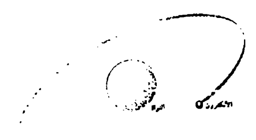
انطلاقاً من هذا الواقع قام رذرفورد Ernest Rutherford (١٨٧١ ــ ١٩٣٧) بتجربة الصفيحة المعدنية الشهيرة التي استنتج من خلالها أن الذرة في معظمها فارغة وأنها تتألف من نواة صغيرة جداً موجبة الشحنة تتركز فيها معظم كتلة الذرة وإلكترونات سالبة الشحنة تدور حولها. وبما أن الذرة متعادلة الشحنة الكهربائية، فقد استنتج رذرفورد Rutherford أن شحنة النواة الموجبة تعادل شحنة الإلكترونات السالبة مجتمعةً.

ووفقاً لهذا النموذج يصبح بالإمكان صياغة قانون مندليف Mendeleïev الدوري على الشكل الحديث التالي:

ـ إن صفات العناصر والمواد البسيطة والمركبة التي تتركب منها توجد بعلاقة دورية تبعاً لشحنة نوى ذرات هذه العناصر.

- The characteristics of elements, and the simple and compound materials wich they consist of, are found with a periodical relation according to the nucleus charge of theses elements.

- Les caractéristiques des éléments, et des matières simples et composées dont ils se constituent, se trouvent en relation périodique suivant la charge des noyaux des atomes de ces éléments.



نموذج الذرة الذي كان مُعترفاً به في عام ١٩١٠. حيث تدور الالكترونات حول النواة التي كان يُظن أنها بسيطة التركيب (الكترون واحد في حالة ذرة الهيدروجين).

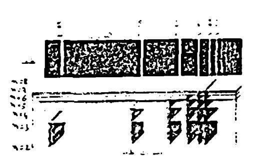
على الرغم من نجاح نموذج رذرفورد Rutherford هذا في تفسير الكثير من الظواهر إلا أنه لم يُلقِ الضوء اللازم على البنية الذرية بشكل كامل. إذ إنه لم يستطع مثلاً أن يُفَسِّرَ ثبات بنية الذرة. فالإلكترون السالب وفقاً لهذا النموذج ـ وهو يدور حول النواة الموجبة ـ لا بد وأن يُطلق جزء من طاقته على شكل موجات ضوئية مؤدياً بذلك إلى فقدان جزء من طاقته وبالتالي إلى اختلال التوازن بينه وبين النواة الأمر الذي يُفتَرَض أن يؤدي في النهاية إلى سقوط الإلكترون على النواة.

نظرية بور Bohr في غلاف الذرة الالكتروني

انطلاقاً من النظرية الكوانتية التي وضعها ماكس بلانك Max Plank في عام ١٩٠٠ استطاع نيلز بور Niels Bohr أن يضع نظريته القائمة على ثلاث مسلمات رئيسية هي:

(١) لا يدور الإلكترون حول النواة كما يحلو له بل وفقاً لمدارات طاقية محددة. دعاها بالمحطات أو المدارات les orbites.

(٢) عندما يتحرك الإلكترون على مداره الطاقي المخصص له لا يُطلق اي طاقة



يمكن ملاحظة خطوط الطيف في الضوء المنبعث من عناصر متوهجة. هذه الخطوط الناجمة عن بث الذرات للضوء، كانت أحد البراهين على صحة نظرية بور وصلاحها لتفسير طول موجات خطوط طيف الهيدروجين استناداً الى مختلف مستويات الطاقة التي تقفز الالكترونات منها واليها.



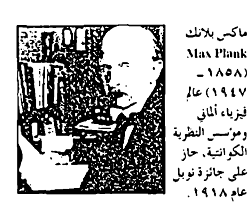
العالم الفيزيائي الدانماركي نيلز بور Niels Bohr (١٨٥٥ - ١٩٦٢)
قام بور بتطوير نموذج رذرفورد الذري ودمجه مع كوانتوم ماكس بلانك Max Plank. حاز على جائزة نوبل في عام ١٩٢٢.

كهرمغناطيسية (ضوء) وهناك أربع سويات طاقية رئيسية للإلكترونات حول النواة هي المدار D و F و S و P

(٣) يحدث الإشعاع عندما يقفز الإلكترون من مدار طاقي إلى مدار طاقي آخر. حيث يعطي الإلكترون كمية معينة من الطاقة على شكل إشعاع إذا انتقل من مدار ذي سوية طاقية عالية إلى مدار ذي سوية طاقية أدنى. ويمتص الالكترون طاقة معينة إذا انتقل من مدار ذي سوية طاقية دُنيا إلى مدار ذي سوية طاقية أعلى.

لقد ساعدت نظرية بور Bohr كثيراً في حل

المعضلات التي لم تستطع نظرية رذرفورد Rutherford حلها، وساهمت مساهمة كبيرة في تطور النظرية النووية، إلا أنها فشلت في تفسير بعض صفات أطياف الذرة متعددة الإلكترونات وسبب وجود الفروق في كثافة خطوط طيف ذرة الهيدروجين.



ماكس بلانك Max Plank (١٨٥٨ - ١٩٤٧) عالم فيزياء ألماني ومؤسس النظرية الكوانتية، حاز على جائزة نوبل عام ١٩١٨.

النظرية الذرية الحديثة

تقوم النظرية الذرية الحديثة على مفهومين أساسيين، هما الطبيعة المادية والموجية للأجسام الدقيقة كالإلكترونات والفوتونات.

فالإلكترون مادة لإنه يُظهر الآثار المميزة له كوحدة مادية متكاملة وهو موجة لإنه يتمتع بصفات الأمواج من حيث الحركية والانحراف والتداخل.

انطلاقاً مما تقدم، من الصعب. لا بل من المستحيل، تحديد مكان تواجد الإلكترون وسرعته بدقة ويغدو من الأصح تحديد هذه القيم من خلال معادلات حسابية دقيقة تدل على احتمالية تواجد الالكترون في مكان محدد. وتُمثّل هذه الاحتمالية عادةً على شكل سحابات إلكترونية تزداد كثافتها كلما ازداد



ان للمادة كيانا مزدوجا تموجيا وجسيميا معاً. يمكن رؤية الأمواج على سطح البحر وعندما تقع حصاة في خزان ماء. كما أن الصوت والموجات الكهرطيسية كالضوء والأشعة السينية. تنتشر كأمواج. لقد أدى المفهوم الموجي للأجسام الى حدوث قفزة نوعية هائلة في مفاهيم الكيمياء والفيزياء.

احتمال تواجد الإلكترون في منطقة معينة.

للوصف التام للحالة التي يوجد فيها الإلكترون في الذرة، لا بد من الإشارة إلى أربع قيم هامة تدعى بالأعداد الكوانتية أو الكمومية وهي:

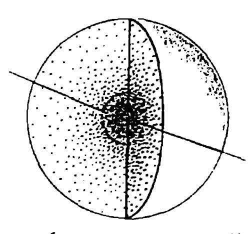
١ ـ العدد الكمومي الرئيسي: يشير هذا العدد إلى السوية الطاقية التي يحتمل وجود الإلكترون فيها. ويرمز إليه بالحرف n .

٢ ـ العدد الكمومي المداري: يحدد هذا العدد شكل السحابة الإلكترونية. ويرمز له بالحرف l.

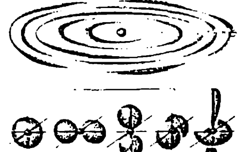
٣ ـ العدد الكمومي المغناطيسي: يحدد هذا العدد توجه السحابة الإلكتروني الفراغي ويرمز له بالحرف m.

٤ ـ العدد الكمومي الرابع: هو عدد اللف الذاتي. فإذا كانت الأعداد الثلاثة السابقة تعبر عن وضع السحابة الإلكترونية، فإن هذا العدد يُحدد وضع الإلكترون نفسه. فالإلكترون يلف حول ذاته عكس أو مع عقارب الساعة، والغاية من وراء هذا العدد الكوانتي هي تحديد اتجاه لف الإلكترون نفسه.

يمكن تلخيص كل ما ورد حتى الآن بقولنا إن الإلكترونات تدور حول النواة ضمن



الذرة عبارة عن نواة محاطة بسحابة الكترونية. مكان الالكترون يبقى مجهولاً لكن احتمالية وجوده على بعد معين من المركز تتناسب طرداً مع كثافة السحابة الالكترونية.

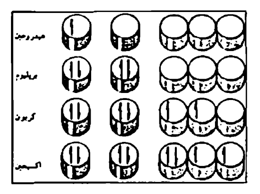


يمكن تصور المسارات الممكنة للالكترون حول النواة كدوائر يتوافق عددها مع عدد صحيح من الموجات يمثلها العدد الكوانتي الرئيسي n ويوصف شكل السحب الالكترونية حول النواة بواسطة الاعداد الكوانتية الثلاثة n و l و m.

مدارات ذات سويات طاقية وأشكال وتوجهات فراغية محددة. وقد قام العالم باولي Wolfgang Pauli (١٩٠٠ ـ ١٩٥٨) الذي حاز على جائزة نوبل لعام ١٩٤٥،

بإرساء المبدأ الذي اشتهر باسمه فيما بعد والذي يقول بأنه في الذرة لا يوجد إلكترونان يتمتعان بنفس الأعداد الكوانتية الأربعة نفسها.

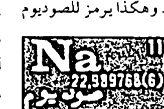
فإذا اتفق إلكترونان بالأرقام الثلاثة الأولى اختلفا بعدد اللف الذاتي. ويرمز للخط الإلكتروني أو المدار الإلكتروني عادة في دراسات الذرة على شكل حجيرة صغيرة أو خلية الكترونية وللإلكترون ضمنها على شكل سهم.



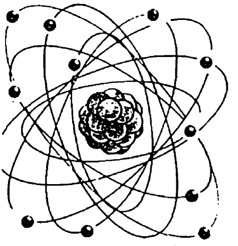
يمكن تدوين مواقع الكترونات الذرة غير المشحونة لأي عنصر بخانات رمزية. وبما أن الالكترونات (المشار اليها بسهم) يمكن أن تدور على نفسها باتجاهين متعاكسين. فبامكان كل خانة استيعاب الكترونين يرمز لهما بسهمين متعاكسين بالاتجاه.

بنية النواة الذرية

وفقاً للتصورات الحديثة، تتألف النواة من بروتونات موجبة الشحنة ونترونات عديمة الشحنة الكهربائية. ويدعى مجموع البروتونات والنترونات الموجودة في النواة بعدد كتلة العنصر. كما يرمز للنواة عادة برمز عنصرها مع عدده الذري (عدد البروتونات) في الزاوية العليا اليمنى وعدد الكتلة (البروتونات والنترونات) في الزاوية السفلى اليمنى. وهكذا يرمز للصوديوم مثلاً بالرمز

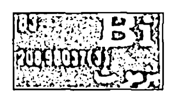


أي أنه يحتوي ١١ بروتون و٢٢،٩٨ بروتون ونترون. لا تتواجد البروتونات



نموذج الذرة المعترف به في عام ١٩٤٠ تدور به النواة مشكلة من عدد متساو من البروتونات والنترونات.

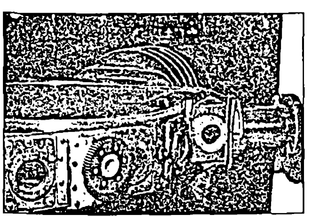
والنترونات بنفس النسب. وليست كل نسب تواجد هذه الدقائق أو الجسيمات ثابتة. فنوى ذرات العناصر الخفيفة أكثر ثباتاً. إذ يكون فيها عدد النترونات مساوياً تقريباً لعدد البروتونات. ثم ومع ازدياد شحنة النواة يزداد عدد النترونات اللازم لتأمين الثبات النووي. لنصل في آخر الجدول الدوري إلى أرقام تزيد بكثير عن عدد البروتونات. فالبزموت Bismuth مثلاً الذي كتلته الذرية ٢٠٩، فيه ٨٣ بروتون و١٢٦ نترون.



ما وراء الذرة

حتى عام ١٩٣٢، كان يظن أنه يمكن بثلاثة جسيمات فقط تفسير البنية الذرية. لكن منذ ذلك الحين، تعقدت الأمور باكتشاف جسيمات عديدة إضافية بفضل دراسة الأشعة الكونية وتجارب استخدمت فيها مسارعات الجسيمات. فقد تبين أن الاصطدامات المرتفعة الطاقة تؤدي إلى توليد جسيمات جديدة عُرف منها حتى الآن ما يربو على ٢٠٠ وأكثرها غير مستقرة.



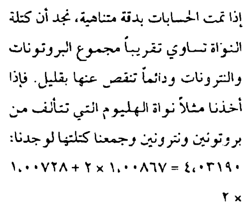


اخترع الباحث ارنست لورنس Ernest Lowrance (١٩٠١ ـ ١٩٥٨) السيكلوترون الحلقي في جامعة كاليفورنيا في عام ١٩٣٠. طول حجرة الفراغ فيه لم تكن تتجاوز ٩،٨ سم. أما اليوم فالمسارع العملاق الموجود في المركز الأوروبي للبحوث النووية في جنيف يبلغ قطره ٤،٨ كم. تُسرِّع الجسيمات في السيكلوترونات حتى سرعات عالية لقذف النوى بقصد توليد جسيمات أخرى.

تُصَنَّف هذه الجسيمات تحت الذرية العديدة في مجموعات، فالجسيمات التي تشترك في التفاعلات الشديدة تُسَمَّى هَدرونات Hadrons (منها النترون Neutron والبروتون Proton والنوكليون Nucléon والميزون Méson) والجسيمات التي لا تشترك في التفاعلات الشديدة تسمى لبتونات Leptons (ومنها الإلكترون electrons والنترينو Neutrino). ولا تزال المشكلة الكبرى في فيزياء الطاقة المرتفعة تكمن في صعوبة التوصل إلى نظرية موحدة تُفَسِّرُ وجود هذه الكثرة من الجسيمات والجسيمات المضادة لها.

طاقة الارتباط النووية

إذا تمت الحسابات بدقة متناهية، نجد أن كتلة النواة تساوي تقريباً مجموع البروتونات والنترونات ودائماً تنقص عنها بقليل. فإذا أخذنا مثلاً نواة الهليوم التي تتألف من بروتونين ونترونين وجمعنا كتلتيها لوجدنا:



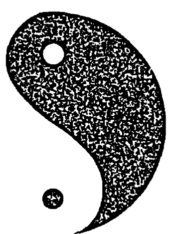
١٫٠٠٧٢٨ + ٢ × ١٫٠٠٨٦٧ = ٤٫٠٣١٩٠

٢ ×

إلا أن كتلة الهليوم في الواقع تساوي ٤٫٠٠٢٦. أي أقل بـ ٠٫٠٣ تقريباً.

يتحول هذا الفرق من الكتلة إلى طاقة تدعى بطاقة الارتباط تقوم بضمان التلاحم والارتصاص للبروتونات والنترونات داخل النواة. وانطلاقاً من النظرية النسبية الناظمة للعلاقة بين الطاقة والكتلة المعبر عنها بالمعادلة:

$$E = mc^2$$



يخضع جوهر المادة لمبدأي التماثل والتكامل. اللذين يلخصهما الرمزان الصينيان ين ويانغ وتعكسهما النظرية العصرية القائلة بثنائية الموجة والجسم.

نجد أن كل تغير في الكتلة لا بد وأن يرافقه تغيّر موافق له في الطاقة. فإذا كان هناك فرق في الكتلة لدى تشكل نوى الذرات فإن هذا يعني أنه لا بد وأن تتحرر طاقة كبيرة جداً



في باطن الشمس يتحول الهيدروجين الى ديتريوم (أحد نظائر الهيدروجين) والديتريوم الى هليوم. ويحدث ذلك تحت تأثير الجاذبية في مركز الشمس التي تشد ذرات الهيدروجين الى بعضها مولدة ضغطاً عالياً ودرجة حرارة مرتفعة جداً. فرق الكتلة الناتج جراء هذه التفاعلات يتحول الى طاقة هائلة تصل آثارها الكرة الارضية باعثة الدفء والحياة في أرجائها. ان توليد حرارة عالية بالقدر الكافي لحدوث مثل هذه التفاعلات على سطح الأرض هو أمر صعب للغاية. ولو أمكن صنع مفاعل اندماجي لكان له ميزات ايجابية كثيرة على المفاعل الاشعاعي النشط.

جراء ذلك. إن هذه الطاقة الارتباطية أو ما يدعى بانحراف الكتلة، طاقة هائلة جداً. حاول الإنسان وما زال يحاول أن يحصل عليها بشتى الوسائل. ولتجسيد ذلك على الصعيد الملموس وتقريبه للفهم على مثال ذرة الهليوم سالفة الذكر. نجد أن الانحراف في كتلة هذا العنصر تساوي ٠٫٠٣ واحدة كتلة ذرية. أي لدى تشكل مول من الهليوم يُساوي الانحراف ٠٫٠٣ غرام أو ٣×١٠^{-٥} كم وبتطبيق معادلة آينشتاين Einstein نجد:

$$٣ \times ١٠^{-٥} (٣ \times ١٠^{٨})^{٢} = ٢٫٧ \times ١٠^{١٢}$$

جول

أي أن الطاقة المنبعثة جراء تشكل ذرة الهليوم مساوية للطاقة التي يُنتجها سد كهرمائي ضخم لمدة ساعة كاملة من الزمن.



الباحث الألماني ألبرت آنشتاين Albert Einstein (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) اكتشف الحركة البراونية وطبّق نظرية الكوانتا على الطاقة الإشعاعية. مؤلف النظرية النسبية الشهيرة التي قلبت المفاهيم الفيزيائية المتعلقة بالفضاء والزمن. لقد كان آنشتاين معارضاً وبشدة للتسلح النووي.
حاز على جائزة نوبل في عام ١٩٢١.

النظائر Isotopes

ترى ما المقصود بالنظائر. كثيراً ما يسمع المرء باسم النظائر المشعة ونصف عمر المادة المشعة إلى آخر ما هنالك من مصطلحات علمية قد تبدو للوهلة الأولى معقدة بل ومخيفة لما لها من علاقة وثيقة مع تفاعلات الانشطارات النووية والإشعاع الذرى. إلا أن الأمر في جوهره بسيط، فلكل نوى ذرات العنصر الواحد شحنة واحدة، أي أنها تحتوي كلها على عدد ثابت من البروتونات. إلا أن عدد النترونات هو الذي يختلف في نوى هذه الذرات. من هنا نقول عن الذرات التي تمتلك شحنة نواة واحدة (وبالتالي صفات كيميائية واحدة) وأعداد نترونات مختلفة (عدد كتلة مختلف أيضاً)

إنها نظائر Isotopes للعنصر الواحد. فمثلاً الكلور في الطبيعة يتألف من نظيرين اثنين هما الكلور ذو الكتلة ٣٥ والكلور ذو الكتلة ٣٧.

لقد دُرست في الوقت الحاضر كل نظائر العناصر الموجودة في الجدول الدوري وتبين أن كل عنصر يتألف من مجموع عدة نظائر. الأمر الذي يُفسر انحراف الكتلة الذرية للعديد من العناصر عن الأرقام الصحيحة الكاملة. فالكلور الذي ذكرناه أعلاه يتألف من النظير ٣٥ بنسبة ٧٥،٥٣٪ ومن النظير ٣٧ بنسبة ٢٤،٤٧٪. أي أن كتلتهُ تساوي في المحصلة ٣٥،٤٥٣.

تُستخدم هذه النظائر في العديد من المجالات الهامة، كدراسة الآليات الكيميائية الحيوية التي تجري في جسم الإنسان. مثلاً من خلال وسم الجزيئات الحيوية بذرات العناصر ثم متابعة رحلتها ضمن الجسم والكشف عنها في نهاية المطاف لمعرفة ما حلّ بها وما هي الطرق التي سلكتها.



يبين التوهج الضارب إلى الخضرة مسار انتشار جزيئات نواقل الغلوكوز Glucose من داخل الخلية الحية الى سطحها. فقد وسمت النواقل بأضداد مرتبطة مع نظائر كيميائية متألقة كنظائر الفوسفور مثلاً، بهدف تتبع مسارها داخل الخلية الحية أثناء تأديتها لوظائفها الاستقلابية.

النشاط الإشعاعي ونصف عمر المادة المشعة

مر معنا سابقاً أن بعض العناصر يُصدر أنواعاً معينة من الإشعاع. وأن هذا الإشعاع يقسم إلى إشعاع ألفا α وبيتا β وغاما γ. ونستطيع الآن بعد أن ولجنا إلى غياهب



اكتشف العلماء حديثاً أحد أنواع النشاط الاشعاعي الذي يتم من خلال اطلاق بروتونين معاً. ولكنهم يعرفوا بعد هل يطلق البروتونان معاً (أعلى الصورة) أم بشكل متتابع (اسفل الصورة).

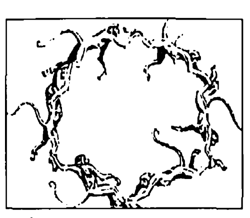
تستخدم ظاهرة نصف عمر المادة المشعة لقياس عمر المستحاثات بدقة حيث يصل نصف عمر بعض المواد المشعة إلى عشرات آلاف السنين.

الذرة ونواتها أن نُعَرِّف النشاط الإشعاعي بأنه عبارة عن التحول الطبيعي (أو الصنعي) للنظير غير المستقر لأحد العناصر الكيميائية إلى نظير عنصر آخر مع ما يرافق ذلك من إطلاق بعض المكونات الذرية أو النوى (كالدقائق ألفا α مثلاً). ويتم هذا التحول بسرعات مختلفة تبعاً لنوع العنصر. أما نصف عمر المادة المشعة فهو مصطلح يستخدم للدلالة على أن الزمن اللازم لتحول العنصر المشع إلى عنصر آخر مستقل عن كمية المادة المشعة، فإذا كان لدينا كمية معينة من عنصر الرادون المشع نلاحظ أنه بعد ٩٢،٤ ساعة يبقى من هذه الكمية الأولية مقدار النصف وبعد ٩٢،٤ ساعة أخرى يبقى الربع، وبعد مرور ٩٢،٤ ساعة أيضاً يبقى الثمن فقط. وهكذا فإن الزمن اللازم لتفكك نصف المادة الأساسية من العنصر المشع تدعى بنصف عمر المادة المشعة. ولا بد من أن نُضيف في ختام الحديث عن التفكك المشع أن لهذا الإشعاع أنواعاً أساسية هي التفكك ـ β والتقاطع الإلكتروني والانقسام اللحظي. وغالباً ما تترافق كل هذه الأنواع من التفكك المشع مع إطلاق الإشعاع γ.

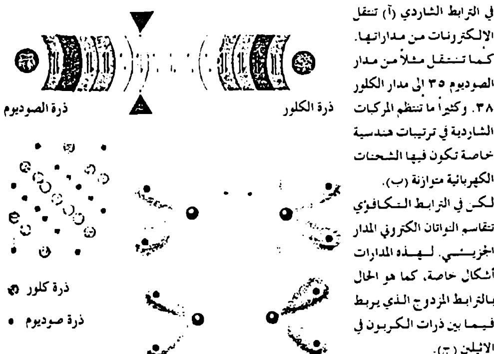
أثناء تشكل الرابطة الكيميائية يحدث دائما إطلاق لكمية معينة من الطاقة على حساب انخفاض الطاقة الكامنة الكلية في الذرات والإلكترونات المشاركة في التفاعل.

أي أن الشرط اللازم والضروري لتشكل الرابطة الكيميائية هو خفض الطاقة الكامنة الموجودة في الجمل الذرية المتفاعلة.

تنشأ الرابطة الكيميائية بفضل تداخل وتفاعل الحقول الكهربائية المتشكلة من نوى وإلكترونات ذرات العناصر المشاركة في تشكيل الجزيئات والبلورات. ولقد بات من الممكن التعرف على طبيعة هذه



لم يصبح بالامكان وصف ترابط الذرات الآ بعد اكتشاف الطبيعة الموجية للمادة. قبل ذلك كانت طريقة الترابط من الألغاز. وكان تصورها من مبتكرات الخيال كما يظهر في هذا النموذج الطريف لجزيء البنزول. أما اليوم فيصور البنزول على شكل حلقة سداسية مؤلفة من ست ذرات كربون.

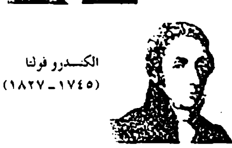


في الترابط الشاردي (آ) تنتقل الالكترونات من مداراتها. كما تنتقل مثلاً من مدار الصوديوم ٣٥ إلى مدار الكلور ٣٨. وكثيراً ما تنتظم المركبات الشاردية في ترتيبات هندسية خاصة تكون فيها الشحنات الكهربائية متوازنة (ب).

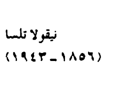
لكن في الترابط التكافؤي تتقاسم النواتان الكتروني المدار الجزيئي. لهذه المدارات أشكال خاصة، كما هو الحال بالترابط المزدوج الذي يربط فيما بين ذرات الكربون في الاثيلين (ج).

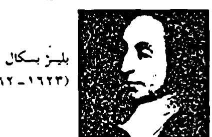
التداخلات بعد التوصل إلى اكتشاف بنية الذرة والطبيعة الموجية المادية للإلكترون.

ففي عام ١٩١٦ ظهرت فكرة نشوء الرابطة الكيميائية عن طريق تشكل زوج إلكتروني ينتمي وفي وقت واحد إلى ذرتين مختلفتين. وقد كانت هذه الفكرة هي الأساس في ولادة نظرية الرابطة التكافؤية الحديثة Liaison Covalente. وفي نفس العام أي ١٩١٦ قال العالم الألماني والتركوسل Walter Kossel (١٨٨٨ ـ ١٩٠٦) أنه عندما تتفاعل ذرتان لا على التعيين تقوم إحداهما بإعطاء إلكترونات والثانية باستقبال الكترونات، وبهذا تكتسب الذرة الأولى شحنة موجبة والثانية شحنة سالبة. الأمر الذي يؤدي الى تجاذب هذه الشوارد الكهربائية وتوليد مركبات ثابتة. وقد أدت أفكار كوسل Kossel إلى نشوء وتطور ما يُعرف باسم الرابطة الشاردية Liaison ionique.


جيمس واط
(١٧٣٦ ـ ١٨١٩)


الكسندرو فولتا
(١٧٤٥ ـ ١٨٢٧)


نيقولا تلسا
(١٨٥٦ ـ ١٩٤٣)


بليز بسكال
(١٦٢٣ ـ ١٦٦٢)

الرابطة التكافؤية Liaison covalente

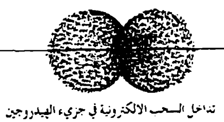
تبين من خلال الدراسات الرياضية النظرية المعقدة على جزيء الهيدروجين. ومن بعدها الدراسات التجريبية التي أُجريت حال توفر التقنية اللازمة لها أن نتائج دراسة الروابط تتعلق بالدرجة الأولى بالعدد الكمومي الرابع أو عدد اللف الذاتي للالكترونات المشاركة في تشكيل الرابطة. فإذا كان اللف الذاتي لإلكتروني الرابطة

الموجودة في جزيء الهيدروجين مثلاً يتم بنفس الاتجاه فسوف يؤدي اقتراب الذرات من بعضها إلى ازدياد طاقة الجملة الجديدة الناتجة وهذا يتناقض مع ما ذكرناه في بداية البحث في ماهية الرابطة الكيميائية.

وبالتالي سوف لن تتشكل أية رابطة كيميائية في هذه الحالة.

أما إذا كان اللف الذاتي للإلكترونات المشاركة بالرابطة يتم باتجاهين متضاربين فسوف يؤدي اقتراب الذرتين إلى مسافة حدية معينة إلى تقليص طاقة الجملة الجديدة المتشكلة. وبعد هذه المسافة الحدية تعود الطاقة للازدياد مرة أخرى.

بكلام آخر نقول إنّه في حال تضارب اللف الذاتي للإلكترونات الذرية يتشكل جزيء H_2 الذي يعتبر جُملة ثابتة تتألف من ذرتي هيدروجين تقفان على مسافة معينة الواحدة عن الأخرى. إن الارتباط الكيميائي بين ذرات الهيدروجين ينتج عن تداخل السحابات الالكترونية الذي يتم عند اقتراب الذرات المتفاعلة. ونتيجة لذلك تزداد الشحنة السالبة في منطقة التداخل مما



تداخل السحب الالكترونية في جزيء الهيدروجين

عندما تتحد ذرتا الهيدروجين وتبدأ عملية المشاركة بالالكترونات تتحرر كمية من الطاقة فتتنافر اذ ذاك النواتان الموجبتان بقوة تعمل بعكس قوة الترابط بين الالكترونات، وهذا ما يبقي النواتين بعيدتين الواحدة عن الأخرى بمسافة ثابتة تدعى مسافة الترابط.

يؤدي إلى انجذاب النوى موجبة الشحنة إلى منطقة التداخل هذه، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل جزيء ثابت ومستقر.

تدعى هذه الرابطة ثنائية الإلكترون بالرابطة التكافؤية. وهي رابطة موجودة ليسَ فقط في جُزيء الهيدروجين بل في الجزيئات الأكثر تعقيداً منه. وقد أدى هذا النموذج من الرابطة الكيميائية الى تفسير وفهم عدد كبير جداً من الجزيئات علماً بأنه لا يُغطي كل أشكال المركبات المعروفة.

بالإمكان تلخيص نظرية الرابطة التكافؤية بالبندين التاليين:

١ ـ تتشكل الرابطة الكيميائية التكافؤية بوجود إلكترونين متعاكسين باللف الذاتي (العدد الكمومي الرابع) ينتميان إلى ذرتين

مختلفتين.

٢ ـ تكون الرابطة التكافؤية أكثر ثباتاً وقوة كلما كان تداخل السحابات الإلكترونية أكبر. لتمثيل الرابطة التكافؤية يلجأ عادة إلى تمثيل الإلكترونات التي تقع في الطبقات السطحية على شكل نقط تقع حول رمز الذرة والإلكترونات المُشتركة بين الذرات على شكل نقط تقع بين الرموز الكيميائية أما الرابطة الثنائية أو الثلاثية فيعبر عنها بزوجين أو ثلاثة من النقط المشتركة وعلى هذا الشكل يعبر عن جزيء الهيدروجين بالشكل التالي:

H. + .H = H : H

ويمكن الاستغناء عن هذه النقط واستبدالها بخطوط صغيرة يُعبر كل خط منها عن زوج إلكتروني.

إذا تشكل الجزيء ثنائي الذرة من ذرات عنصر كيميائي واحد كالجزيئات N_2، H_2 Cl_2، فإن كل سحابة إلكترونية مُشَكَّلة من زوج إلكتروني مشترك ومؤدية لتشكيل الرابطة التكافؤية تتوضع فراغياً بشكل متناظر تماماً نسبة لنوى كلتا الذرتين. وفي هذه الحالة تدعى الرابطة بالرابطة التكافؤية اللاقطبية أو المتجانسة.

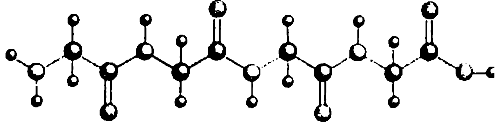
أما إذا تشكل الجزيء ثنائي الذرة (أو عديد الذرات) من ذرات عناصر مختلفة فسوف تنزاح السحابة الإلكترونية باتجاه إحدى الذرات مما يؤدي إلى تشكل لا متناظر في توزع الشحنة وهذا يؤدي إلى تسمية الرابطة التكافؤية بالرابطة القطبية أو غير المتجانسة، ولتحديد مقدرة أو قوة العنصر على جذب السحابة الإلكترونية إليه يلجأ عادة إلى مفهوم الكهرسلبية النسبية. فكلما ازدادت كهرسلبية الذرة ككل، كلما كانت مقدرتها أكبر على جذب السحابة الإلكترونية إليها.

الميتان	ثاني أكسيد الكربون	الماء	النشادر
H H : C̈ : H H	Ö : : C : : Ö	H H : C̈ : H H	H H : N̈ : H
H H–C–H H	O = C = O	H - O - H	H H–N H

صيغ بعض المركبات ذات الروابط التكافؤية معبراً عنها بنقط (الجهة العليا) وبخطوط (الجهة السفلى)

H						
2.1						
Li	Be	B	C	N	O	F
0.98	1.5	2.0	2.5	3.07	3.50	4.0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0.93	1.2	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0.91	1.04	1.8	1.8	2.1	2.5	2.8
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I
0.89	0.99	1.5	1.8	1.8	2.1	2.6

مقادير الكهرسلبية النسبية لبعض ذرات عناصر الجدول الدوري.



ان الكربون من أكثر العناصر مقدرة على تشكيل الروابط التكافؤية. في الشكل صورة ببتيد رباعي الحمض الأميني Tetra peptide ذرة الكربون باللون الرمادي والأكسجين بالأخضر أما الهيدروجين فبالأزرق والآزوت بالأحمر.

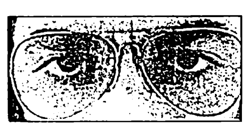
الرابطة التشاردية liaison ionique

ينشأ هذا النوع من الترابط جراء التجاذب الكهربائي الساكن المتبادل بين الذرات ذات الشحنات المتعاكسة. وقد تكون الشوارد IONS بسيطة تتألف من ذرة واحدة (شوارد موجبة Na^+، K^+ وشوارد سالبة Cl^-، F^-) أو معقدة تتألف من ذرتين أو أكثر (مثل شاردة NH_4^+ الموجبة وشوارد OH^- وNO_3^- السالبة). تتشكل الشوارد الموجبة البسيطة بشكل رئيسي من ذرات المعادن التي تتخلى بسهولة عن الكتروناتها وتتحول إلى

الشحنة الموجبة.

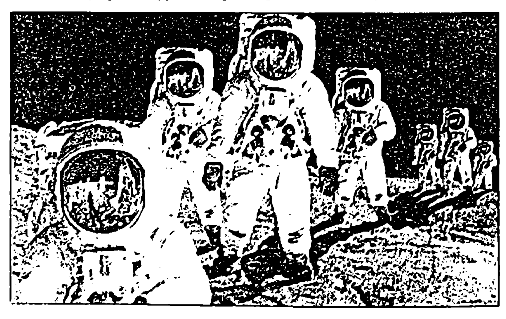
أما تشكيل الشوارد السالبة البسيطة فهو أمر مميز لذرات اللامعادن ذات الإلفة العالية للإلكترون. أي التي تستقبل الإلكترونات وتتحول إلى الشحنة السالبة مثل الهالوجينات (I, Br, F, CL) لذا فإن المركبات ذات الرابطة التشاردية النمطية هي من النمط NaCL و C_2F مثلاً.

بكلام آخر - إن الذي يحصل هنا هو انتقال إلكترون تكافؤ واحد أو أكثر من ذرة ودخوله إلى الطبقة الالكترونية الخارجية لذرة أخرى مما يؤدي الى تشارد الذرتين وحصول كل منهما على شحنة كهربائية معاكسة للأخرى حيث تُسبب هاتان الشحنتان تجاذباً كهربائياً ساكناً يجعل





عندما ترتبط ذرتان تلقائياً لتكوين مركب ما يجعل تحرر الطاقة هذا المركب مُستقراً. ويمكن عكس العملية باعطاء المجموعة كمية معينة من الطاقة. فالأملاح الفضية الخالية من اللون المستعملة في النظارات الشمسية الذاتية التعتيم وفي خوذة رجل الفضاء تتخذ شكل شوارد فضية في قالب زجاجي. في ضوء الشمس يعتم الزجاج لان طاقة الضوء تفك الروابط التشاردية وتعيد تحويل الفضة الى ذرات معدنية. وبغياب الشمس تتكون مجدداً الشوارد الخالية من اللون.

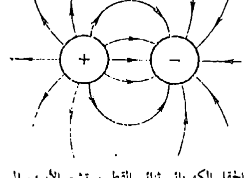


الذرتين شديدتي الاتحاد.

من الأمور التي تميز الرابطة التشاردية عن الرابطة التكافؤية، أنه ليس لهذه الرابطة أي توجه فراغي محدد. الأمر الذي يُفَسَّر بأن للشاردة حقلاً كهربائياً كروياً تتناقص قوته بنفس الدرجة وبكل الاتجاهات.

إن الجملة المؤلفة من شحنتين متساويتين بالقيمة المطلقة ومتعاكستين بالإشارة (سالبة أم موجبة) تؤدي إلى خلق حقل كهربائي في الفراغ المحيط بها.

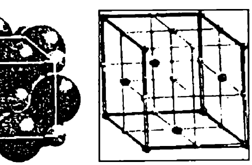
مما يعني أن الشاردتين المتعاكستين بالإشارة والمنجذبتين إلى بعضهما تحتفظان بمقدرتهما على التداخل الكهربائي الساكن مع الشوارد الأخرى. وهنا يكمن الاختلاف الجوهري الآخر بين هذه الرابطة والرابطة التكافؤية. فالرابطة التشاردية غير قابلة للإشباع لأن الشاردة تستطيع ربط عدد من الشوارد المعاكسة بالشحنة الكهربائية. ويتحدد هذا العدد من خلال الأبعاد النسبية

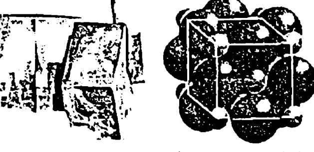


الحقل الكهربائي ثنائي القطب. تشير الأسهم إلى توجه خطوط القوة.

للشوارد المتفاعلة ومن خلال أن قوى الجذب القائمة بين الشوارد المتعاكسة يجب أن تتغلب على قوى التصادم الموجودة بين الذرات ذات الإشارة الواحدة.

إن غياب الاتجاه وظاهرة عدم الإشباع لدى الروابط التشاردية يؤدي إلى ميل الجزيئات التشاردية إلى التجمع مع بعضها، أي إلى تشكيل بلورات في حالة الجسم الصلب. إذ إن كل الأجسام الصلبة التشاردية لا تمتلك بنية جزيئية بل بنية شبكية بلورية تشاردية خاصة.



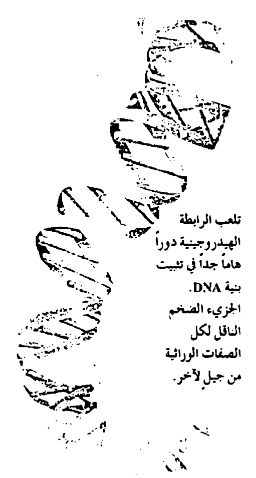


بلورة الملح الصخري مكعبة الشكل (إلى اليمين) والتركيب الشبكي (إلى اليسار) الناتج عن تتابع شوارد الصوديوم والكلور. يتكرر هذا الشكل ملايين المرات في بلّورة الملح الصخري الطبيعية.

الرابطة الهيدروجينية Liaison hydrogene

لاحظ الباحثون منذ القرن التاسع عشر أن المركبات التي يرتبط بها الهيدروجين مباشرة مع الفلور والأكسجين والآزوت تتمتع بصفات خاصة غير مألوفة، كتغير قيم الغليان والانصهار عن القيم المتوقعة، وعجزوا عن تفسير ذلك. أما اليوم فقد أصبح واضحاً أن الجذب الكبير الموجود بين جزيئات هذه المركبات هو المسؤول عن ذلك، الأمر الذي تلعب به الرابطة الهيدروجينية السبب الأول والأهم. إذ إن التغير في الصفات المميزة للمركبات المذكورة أعلاه يعود إلى مقدرة ذرة الهيدروجين المرتبطة مع ذرة تابعة لعنصر ذي كهرسلبية عالية، على تشكيل رابطة أخرى إضافية مع الذرات الأخرى المماثلة والمجاورة لها. الأمر الذي يؤدي إلى نشوء ما يعرف باسم الرابطة الهيدروجينية.

فعند تشكل الرابطة التكافؤية القطبية بين ذرات الهيدروجين والفلور مثلاً، الذي يتميز بكهرسلبية عالية، تنزاح السحابة الإلكترونية التابعة لذرة الهيدروجين وبقوة نحو ذرة الفلور، مما يعني اكتساب ذرة



تلعب الرابطة الهيدروجينية دوراً هاماً جداً في تثبيت بنية DNA. الجزيء الضخم الناقل لكل الصفات الوراثية من جيل لآخر.

الفلور هذه شحنة سلبية إضافية. واكتساب ذرة الهيدروجين العارية تقريباً من إلكترونها، شحنة موجبة (أصبحت عبارة عن مجرد بروتون فقط). الآن بين بروتون ذرة الهيدروجين وذرة الفلور المشحونة سلباً التابعة لجزيء HF المجاور، تنشأ رابطة كهربائية ساكنة هي الرابطة

...روجينية المذكورة أعلاه.
ب- بالإمكان رسم تشكل الرابطة الهيدروجينية أثناء تفاعل جزيئين من HF بالشكل التالي:

$$\overset{+}{H}-\overset{-}{F}+\overset{+}{H}-\overset{-}{F} \longrightarrow \overset{+}{H}\ \overset{F}{\wedge}_{134^\circ}\ \overset{+}{H}$$

وهذا الأمر ينطبق ليس فقط على HF بل على البروتينات وجزيء الماء، الجزيء الأكثر أهمية في حياة الإنسان والكائنات الحية كلها.

ج- طاقة الرابطة الهيدروجينية (٤٠ ـ ٨) كيلو جول/مول) أقل بكثير من طاقة الرابطة التكافؤية (١٥٠ ـ ٤٠٠ كيلو جول/مول). إلا أنها ونظراً للأعداد الهائلة التي تتواجد بها تُصبح كافية لتشكيل تجمعات جزيئية، على شكل مثنويات ومثلوثات ومكثورات، تتواجد ليس فقط في الحالة السائلة بل حتى في الحالة الغازية أيضاً.



ان الرابطة الهيدروجينية هي المسؤولة الأولى عن الصفات الفريدة التي يتميز بها جزيء الماء الذي يغطي ثلاثة أرباع سطح كرتنا الأرضية الزرقاء.

الرابطة المعدنية liaison métallique

تتمتع المعادن بصفات هامة خاصة بها تُستخدم في عالم الصناعة وتوضع في خدمة الإنسان في كل لحظة من لحظات حياته مثل صفة الصلابة والمرونة وقابلية السحب والطرق.

ولا تفسَّر هذه الصفات على الصعيد الذري إلا إذا قبلنا بوجود قوى شديدة الأواصر تربط بين ذرات هذا المعدن أو ذاك. كما أن صفة الناقلية العالية للكهرباء وإصدار المعادن للإلكترونات لا تصبح واضحة للدراسة إلا إذا افتُرِضَ أن الإلكترونات متحركة في المعادن بشكل



بالانتفاع من صفة المرونة وقابلية السحب
تقوم معامل الفولاذ الضخمة
بصنع صفائح فولاذية رقيقة
تُقطع بعد تبريدها أو تُلفّ
على شكل أسطوانات
استعداداً لاستعمالها لاحقاً.

سهل ويسير، الأمر الذي أدى إلى اكتشاف مفهوم الرابطة المعدنية التي تُعرّف بأنها رابطة إلكترونية يكونها زوج الكتروني مُشترك غير ثابت يتكون آنياً بين ذرتين معدنيتين لكنه سرعان ما يفترق مكوناه

الفصل الرابع

بنية الجسم الصلب والسائل

التآثرات بين الجزيئية

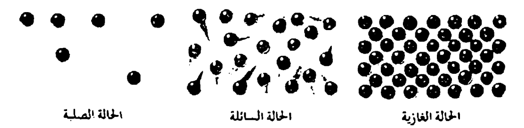
عندما تكون المادة في الحالة الغازية، تتحرك الدقائق ـ الذرات أو الجزيئات ـ المكونة لها بشكل عشوائي وفوضوي وبالتالي فهي تقضي الجزء الأكبر من الزمن على مسافة بعيدة الواحدة عن الأخرى (بعيدة نسبة لمقاييسها الذاتية).

وتبعاً لذلك تكون التآثرات interactions فيما بينها في حدودها الدنيا.

أما إذا كانت المادة شديدة التراص أو عالية التركيز كحالة الجسم الصلب أو السائل فتكون المسافات بين دقائق المادة صغيرة وبالتالي التآثرات كبيرة.

وتؤدي هذه التآثرات إلى إبقاء دقائق الجسم الصلب أو السائل الواحدة بالقرب من الأخرى. ومن هذا المنطلق تمتلك المواد في حالتها المركزة خلافاً للغازات حجوماً محددة في درجات حرارة محددة.

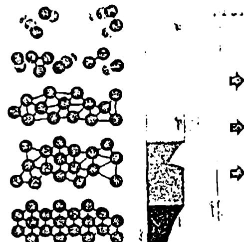
إن القوى التي تجعل دقائق الأجسام السائلة والصلبة ملاصقة لبعضها ذات طبيعة كهربائية لكنها تختلف تبعاً لنوع الدقائق



الحالة الغازية　　الحالة السائلة　　الحالة الصلبة

المكونة لهذه الأجسام. أي هل هي ذرات معدنية أم لا معدنية، وهل هي شوارد أم جزيئات الخ...

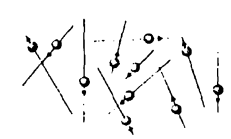
فإذا كانت المادة مكونة من ذرات لا معدنية، ترتبط الذرات بروابط تكافؤية. وإذا كانت المادة عبارة عن معدن، يكون جزء من إلكتروناتها مشاعاً لكل الذرات، يتحرك بينها بحرية مؤدياً لربطها مع بعضها. أما إذا كان للمادة طبيعة شاردية فتكون الروابط عبارة عن قوى جذب كهربائية ساكنة.



كل شيء في هذا العالم موجود في احدى حالات ثلاث رئيسية:

فهو اما غاز أو سائل أو صلب ويتعلق ذلك الى درجة كبيرة بدرجة حرارة المادة والضغط الذي تتعرض له.

يبين الشكل انتقال ذرات المادة من الحالة الغازية (أقصى اليسار) الى الحالة الصلبة (أقصى اليمين) مروراً بالحالة السائلة.



تتحرك جزيئات الغاز باستمرار بمختلف السرعات والاتجاهات. ينتج الضغط عن اصطدام الجزيئات مع جدران الوعاء. يكون عدد الجزيئات حتى في أصغر الأحجام كبيراً لدرجة أن الضغط يظل واحداً في جميع أجزاء الوعاء. الضغط يتناسب طرداً مع عدد الجزيئات في وحدة الحجم ومع معدل الطاقة الحركية للجزيئات.

بعض المواد يتألف من جزيئات ثنائية القطب كجزيئات الماء مثلاً H_2O أو حمض كلور الماء. وتكون هذه الجزيئات متوضعة بشكل تتجه به الأقطاب المتخالفة بالإشارة الكهربائية باتجاه بعضها والعكس صحيح. الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى بقاء هذه الدقائق أو الجزيئات قريبة من بعضها.

البعض الآخر من المواد الجزيئية لا يمتلك طبيعة ثنائية القطبية ولكنهُ قادرٌ على خلق الاستقطاب حيث تقوم كل ذرة من ذرات الجزيء بخلق حقل كهربائي حولها يؤدي إلى استقطاب الذرة القريبة منه والمنتمية للجزيء المجاور وهكذا دواليك، تُخلَقُ روابط مُحَفَّزة أو متتالية تؤدي لربط

الجزيئات ببعضها.

أخيراً تؤدي الحركة المستمرة للإلكترونات ضمن المجال الذري واهتزاز الذرات نفسها وما يرتبط بذلك من تغيرات مستمرة لأوضاع الالكترونات والذرات، إلى ظهور ثنائيات أقطاب لحظية آنية سواء كان ذلك في الجسم الصلب أم في السوائل. تؤدي هذه الأقطاب اللحظية إلى جذب القطب المعاكس بالإشارة التابعة للجزيء المجاور مما يؤدي أيضاً إلى زيادة تراص هذه المادة الصلبة أو السائلة.



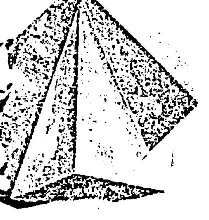
توجد ذرات أو جزيئات المواد في حركة دائمة. في الماء تتشكل دائماً روابط عابرة (باللون الأزرق) تعطيه بنية مستمرة التغير.

الحالة البلورية للمادة

إن لمعظم المواد الصلبة بُنى بلّورية بإمكان أي كان التأكد منها ببساطة متناهية عن طريق كسر هذه المادة والتمعن فيها. فإذا قمنا بكسر قطعة سكر أو كبريت أو أي معدن كان، نشاهد وبوضوح حدود



بلورات فلز الغالينا Galena مكعبة الشكل. يُعتبر هذا الفلز من أهم مركبات الرصاص كما أنه يحتوي أيضاً على الكبريت وأحياناً على الفضة.



بلورات فلز الفلوريت Fluorite وهي على شكل مكعبات ثنائية. يتكون الفلوريت من الكالسيوم والفلور ويستخدم في صناعة الحلي.

صغيرة لبلورات تلمع تحت الضوء وتتقاطع مع بعضها بزوايا مختلفة. وإذا كانت البلورات صغيرة جداً أمكن رؤيتها بواسطة المجهر الضوئي أو حتى العدسة المكبرة.

والمدهش أن كل مادة تمتلك نوعاً محدداً من البلورات مميزاً لها ومحدداً لهويتها فمثلاً كلور الصوديوم يتبلور على شكل مكعبات، بينما تأخذ بلورات نيترات الصوديوم شكل الموشور وهكذا دواليك...

يتم تصنيف البلورات التابعة للمواد المختلفة تبعاً لتناظرها. وتُقَسَّم وفقاً لذلك إلى سبعة صفوف رئيسية تُقسم بدورها لتحت صفوف متعددة. ويدعى العلم الذي يُعنى بتصنيف البلورات بعلم البلورات CRISTALLOGRAPHIE.

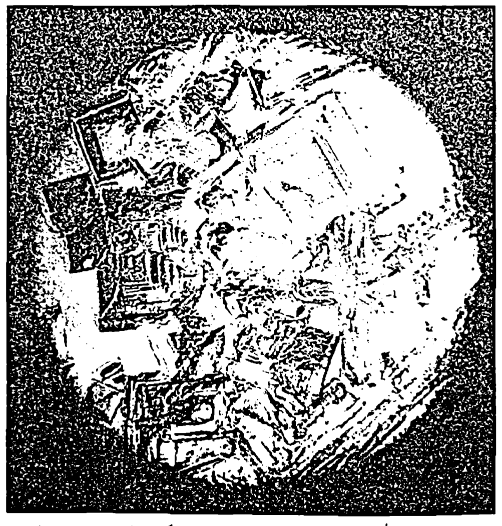
في الطبيعة، وبعد تبريد المادة الصلبة البركانية من النادر جداً أن تأخذ بلورات المادة



بلورات فلز الكوارتز Quartz ذات الشكل الهرمي الموشوري. يتكون الكوارتز من السيليسيوم والأكسجين ويستعمل في صناعة الحلي كأحجار للزينة.

الشكل النظري المتوقع لها أن تأخذه بسبب نمو هذه البلورات في وقت واحد مع بعضها مما يخلق منافسة معينة على الفراغ وبالتالي كل بلورة تمنع جارتها من أخذها لأبعادها النظرية، وهذا ما يدعى بالتشوه أو التمسخ البلوري.

وهنا لا بد من الإشارة إلى أنه على الرغم من النمو المشوه سالف الذكر تبقى زوايا هذه البلورات ثابتة ودقيقة ومميزة تماماً لبلورات هذا النوع عن بلورات ذاك النوع. وقد سميت هذه الظاهرة بقانون ثبات الزوايا الحديّة.



عدسة المجهر الضوئي المسلطة على محلول يحتوي بلورات من الملح تكشف النقاب عن تناسق الجزيئات المكون منها

السوائل les liquides

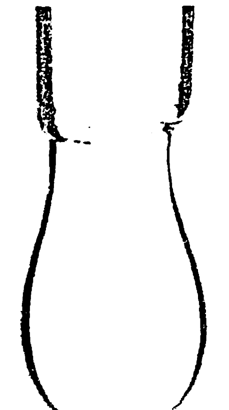
إن الحالة السائلة للمادة عبارة عن حالة انتقالية بين البنية البلورية الصلبة والبنية الغازية. فبعض صفات السوائل تتشابه مع الغازات وبعضها الآخر مع المواد الصلبة حيث تتشابه السوائل مع الغازات من حيث التجانس والسيولة (الميوعة) وتتشابه مع







يوضح الشكل لحظة تلاقي قطرة صغيرة من الكحول مع قطرة كبيرة ملونة من الماء.
ويظهر فيه واضحاً الغشاء السطحي الرقيق الذي يحيط بقطرة الماء والذي يعود في سببه الى ظاهرة التوتر السطحي واللزوجة التي يتمتع بها الماء.



تأخذ نقطة الماء في طرق أنبوب زجاجي شكلها بفعل التوتر السطحي. ذلك أن التوتر السطحي يجذب الجزيئات الخارجية نحو مركز كتلة السائل، فيعطيها نوعاً من غشاوة تتخذ شكلاً كروياً يأتي مشوهاً لان قوة الجاذبية تؤثر عليه أيضاً.

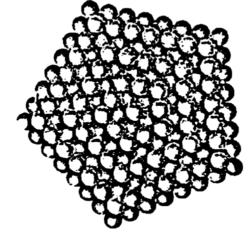
المواد الصلبة من حيث كثافتها وتراصها وصعوبة ضغطها.

ومن خلال تطبيق الدراسات التحليلية البنيوية على السوائل، يتبين أنها تنتمي من حيث البنية إلى المواد عديمة الشكل ذات التركيبة المتلاصقة والمتجانسة.

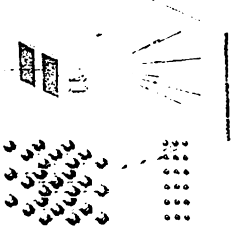
لذا يمكن اعتبار المواد عديمة الشكل les amorphes سوائل ذات لزوجة عالية جداً. وبذا ينتمي للأجسام الصلبة فقط تلك المواد ذات البنى البلورية.

البنية الداخلية للبلورات

لم يَتَسَنَّ للعلماء البدء بدراسة البنية الداخلية للبلّورات حتى حلول عام ١٩١٢ عندما اكتُشفت طريقة التحليل بانحراف الأشعة. L'analyse par diffraction ومنذ ذلك الحين تمت دراسة بنية عشرات الآلاف من المواد العضوية واللاعضوية ذات الأهمية العلمية والتطبيقية. وقد حققت هذه الطريقة نجاحات باهرة في مجال علم الحياة بكشفها عن بنى بعض المواد الحيوية الهامة كالفيروسات وخضاب الدم



تحرف الطبقات المنتظمة في البلورة رزمة الأشعة السينية المارة بها فتحدث رسماً معيناً. تتغير هذه الرسوم تبعاً للمستويات المتتابعة في شبكة ذرات البلورة التي تمر بها الأشعة السينية لذا تساعد التماثلات والأشكال المنتظمة في شبكة ذرات البلّورة على تحديد هوية خلاياها.



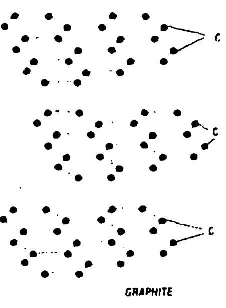
هناك أشكال كثيرة سداسية الأضلاع شبيهة بالبلورات في الطبيعة الحية وخاصة لدى الفيروسات.

Haémoglobine مثلاً.

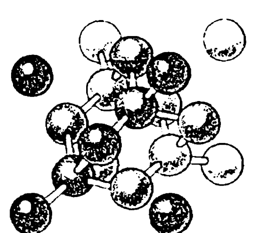
وهكذا تبعاً لطبيعة المكونات الموجودة في زوايا الشبكة البلّورية ولماهية القوى المسيطرة بين هذه المكونات في البلورة المدروسة، تمّ تمييز الشبكات عن بعضها وتصنيفها وتقسيمها إلى الشبكات البلّورية الجزيئية والشاردية والمعدنية.

في زوايا الشبكات الجزيئية تتوضع الجزيئات التي ترتبط مع بعضها بالقوى بين الجزيئية سالفة الذكر. أما في زوايا الشبكات الذرية فنجد ذرات ترتبط مع بعضها بروابط تكافؤية.

في زوايا الشبكات التشاردية تقع الشوارد

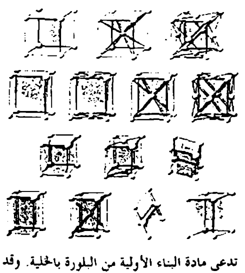


بنية شبكات ذرات الكربون ضمن بلّورة الغرافيت



في الماس تترابط كل ذرة كربون تكافؤياً مع أربعة ذرات أخرى موزعة على زوايا رباعي سطوح

متناوبة مع بعضها من حيث الشحنة ومنجذبة إلى بعضها بواسطة التجاذب الكهربائي. وأخيراً في زوايا الشبكات



تدعى مادة البناء الأولية من البلورة بالخلية. وقد تحتوي على ذرة واحدة كما في النحاس أو على مئات أو آلاف من الذرات المتنوعة كما هي الحال في البروتينات المتبلورة. التنظيم والتماثل الدقيقان في البلورات يُساعدان في تحديد هوياتها وتحليل بنياتها.

البلورية المعدنية هناك ذرات المعادن التي تتحرك إلكتروناتها بحرية بشكل مشاعي فيما بينها.

إن المواد ذات الشبكات الذرية قليلة التواجد نسبياً في الطبيعة، كالماس والسيليسيوم وهي قاسية جداً. أما المواد ذات الشبكات الجزيئية فهي كثيرة جداً وأقل قساوة من سالفتها. وتضم الشبكات التشاردية في عدادها معظم الأملاح وبعض الأكاسيد وتعتبر أكثر قساوة من الشبكات الجزيئية وأقل قساوة من الشبكات الذرية. ولا بد من ذكر أن هناك مواد تنتمي شبكاتها لنوعين من الأنواع سالفة الذكر. فشبكة الغرافيت Graphite تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة مع بعضها بروابط تكافؤية ومعدنية في آن معاً (تبعاً للتوجه الغرافي). لذا فبالإمكان النظر لشبكات الغرافيت على أنها ذرية ومعدنية في الوقت نفسه.

هناك معيار آخر هام لتصنيف الشبكات الداخلية للبلورات غير المعيار القائم على طبيعة المواد المكونة لها. هو معيار البنية. حيث تتميز كل بلّورة بما يعرف بمصطلح الخلية الأولية وهي تعريفاً القسم الأصغر من البلورة الذي يمتلك كل الخصائص البنيوية للشبكة البلورية.

المواد عديمة الشكل les amorphes

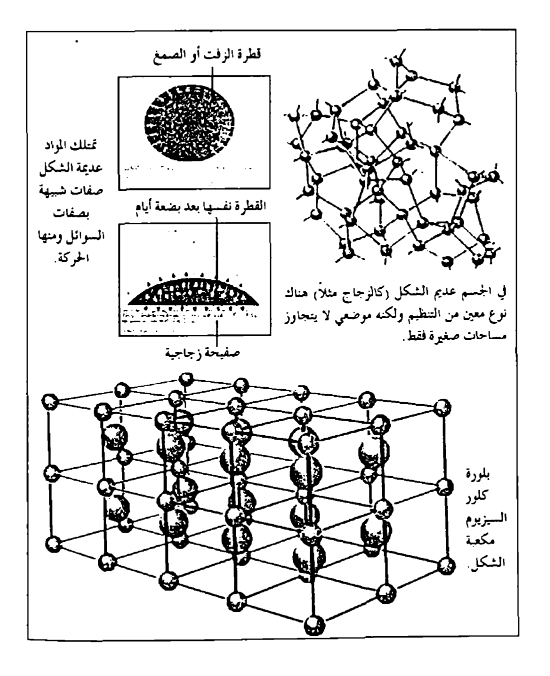
هناك مواد صلبة عديمة البلورات كالزجاج مثلاً الذي إذا كسرناه وجدنا أن مقطع الكسر فيه أملس متجانس عديم البنى البلّوريّة. وإضافة إلى ذلك فهو يتميز بأنه محدود ليس بسطوح مستقيمة بل سطوح بيضوية الشكل.

ونفس هذه الظاهرة تلاحظ عند بعض المواد الأخرى كالراتنجات les résines والصموغ les glus. وهذه المواد على خلاف البلورات تمتلك خواص شبيهة بالسوائل. إذ إن الكثير منها وتحت التأثير الطويل للقوى الضعيفة نسبياً تغير أشكالها. فإذا وضعنا قطعة أو قطرة من الزفت مثلاً على صفحة زجاجية ضمن غرفة مرتفعة الحرارة نلاحظ بعد عدة أيام أن هذه القطعة تغير شكلها وتأخذ شكل

قطعة الزجاج.

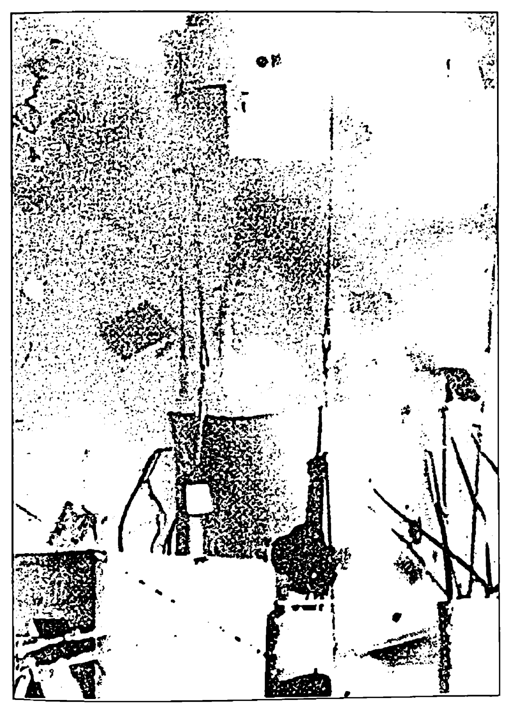
هناك بعض المواد التي تتواجد بحالة البلورة واللاشكل معاً مثل ثاني أكسيد السيليسيوم S_iO_2 الذي يوجد في الطبيعة على شكل كوارتز وبشكل آخر عديم البنى البلورية.

وهكذا فإن الانتقال بين البنية البلورية والبنية عديمة الشكل ممكن أحياناً.



تسير التفاعلات الكيميائية دائماً معطيةً طاقة أو ماصةً للطاقة. وكثيراً ما تكون هذه الطاقة الممتصة أو المعطاة للوسط الخارجي على شكل حرارة.

فالاحتراق واتحاد المعادن مع الكبريت أو الكلور أو تفاعل الحمض مع الأساس يترافق دائماً مع إطلاق كميات كبيرة من الطاقة. وعلى العكس من ذلك تتطلب تفاعلات تفكك كربونات الكالسيوم وتشكل أكسيد الآزوت انطلاقاً من الآزوت والأكسجين كمية من الطاقة الحرارية الخارجية كي تسير حيث تتوقف مثل هذه التفاعلات فور توقف الإمداد بهذه الطاقة الخارجية أي أنها بحاجة واضحة إلى



ما الانفجارات الكيميائية الا تفاعلات لحظية سريعة الحدوث، تؤدي لتحول المادة المتفجرة الى غازات متمددة وساخنة. بعد تعرض هذه المادة الى دفقة طاقية قوية تؤدي الى دخولها في التفاعل (المشعل أو الصاعق). في الشكل صورة لانفجار مدخنة أحد المعامل القديمة جراء تفجير ١ كغ فقط من مادة النترات.

أن هذه المواد كانت تمتلك أصلاً كمية معينة من الطاقة. ويُدعى هذا الشكل من الطاقة الخفية الموجودة في المواد والتي تتحرر أثناء التفاعلات الكيميائية وبعض الآليات الفيزيائية (أثناء ضغط الغاز لتحويله إلى سائل مثلاً) بالطاقة الداخلية الكامنة للمادة.

أثناء جريان التفاعلات الكيميائية يتحرر جزء من هذه الطاقة الداخلية. بالإمكان تقدير كميته من خلال قياس كمية الحرارة المنتشرة جراء التفاعل وهو ما يدعى بالأثر الحراري للتفاعل.

في بعض التفاعلات يُلاحظ إطلاق أو امتصاص طاقة على شكل ضوء. حيث تتحول الطاقة الداخلية الكامنة عادة إلى ضوء من خلال مرورها بمرحلة الحرارة. كانطلاق الضوء أثناء احتراق الفحم مثلاً الذي يُعتبر نتيجة لتأثر الفحم بحرارة التفاعل وليس العكس طبعاً لكن هناك حالات أخرى أقل شيوعاً تتحول فيها الطاقة الداخلية إلى ضوء دون المرور بمرحلة الحرارة تدعى باسم الضوء البارد أو التألق. كما تعتبر حالات تحول الطاقة الداخلية إلى كهرباء من الحالات الهامة جداً من



يحترق غاز الايثيلين Éthylène الصافي (أعلى ويمين الشكل) والمشوب (الصور الثلاث الباقية) ليعطي لهباً وضاءً أثناء اتحاده مع اكسجين الجو. يترافق هذا التفاعل مع تحول جزء من طاقته الداخلية الى حرارة تنتشر في الوسط المحيط.

الناحية العملية.

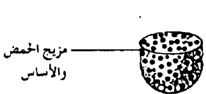
وهكذا نقول إنه أثناء جريان التفاعلات الكيميائية يحدث تحول متبادل للطاقة الداخلية للمواد من جهة، مع الطاقة الحرارية والضوئية والكهربائية والميكانيكية من جهة أخرى. تُدعى التفاعلات التي تجري وتنشر الحرارة بالتفاعلات الناشرة للحرارة Reactions exothermiques.

أما التفاعلات التي تحتاج للحرارة كي تسير فتدعى بالتفاعلات الماصة للحرارة Réactions endothermiques.

الكيمياء الحرارية Thermochimie

إن التغيرات الطاقية المرافقة لسير التفاعلات الكيميائية تتمتع بأهمية عملية كبرى. وأحياناً تكون أكثر أهميةً من التفاعل الكيميائي نفسه. وتأكيداً على هذا الطرح يكفي أن نتذكر احتراق الوقود بهدف التدفئة. انطلاقاً من هنا فإن الآثار الحرارية للتفاعلات الكيميائية تُدرّس بدقة ومنذ فترة طويلة جداً. ويُدعى قسم الكيمياء الذي يُعنى بدراسة هذه الآثار الحرارية أو الطاقية باسم علم الكيمياء الحرارية Thermochimie.

من المتعارف عليه، الرجوع دائماً بنتائج القياسات الحرارية الكيميائية - أو ما يدعى بالآثار الحرارية للتفاعلات - إلى مقدار مول واحد من المادة المتشكلة جراء التفاعل. وتدعى كمية الحرارة التي تنطلق أثناء تشكل مول واحد من ناتج التفاعل بطاقة التشكل لهذا الناتج. فمثلاً يستعمل تعبير «حرارة تشكل الماء تساوي ٢٨٥،٨ كيلو جول/مول»، للدلالة على أنه أثناء تشكل ١٨ غرام من الماء السائل انطلاقاً من ٢ غرام هيدروجين و١٦ غرام أكسجين



تتحرر حرارة مقدارها ٢٨٥،٨ كيلو جول. بالإمكان كتابة الآثار الحرارية للتفاعلات أثناء كتابة المعادلات الكيميائية. وتدعى المعادلات التي أُشير فيها إلى كمية الحرارة الممتصة أو المحررة باسم المعادلات الكيمياحرارية formules thermochimiques. حيث يُكتب الأثر الحراري عادةً على الجانب الأيمن من المعادلة مع إشارة (+) في حالة كان التفاعل ناشراً للحرارة وإشارة (-) إذا كان التفاعل ماصاً للحرارة.

وكمثال على ذلك نأخذ المعادلة الحرارية المعبرة عن تفاعل حمض مع أساس (معادلة التعديل) والتي تُكتب على الشكل:

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$ + ١٣١،٤ كيلو جول

الصود الكاوي   حمض الكبريت   ملح كبريتات الصوديوم   ماء

الحسابات الحرارية الكيميائية

يعود المبدأ الأساسي الذي تقوم عليه كل الحسابات الكيميائية الحرارية إلى عام ١٨٤٠ م عندما وضع هيس Hess قانونه الشهير الذي ينص على ما يلي:

ـ إن الأثر الحراري للتفاعل يتعلق بالحالة الابتدائية والانتهائية للمادة فقط ولا يتعلق بالمراحل الوسيطة التي يمر بها.

- The thermal effect of the reaction is related only to the initial and final state of the substance but not to its intermediate phases

- L'effet thermique de la réaction dépend uniquement de la phase initiale et terminale de la matière, et ne dépend pas des phases intermédiaire qu'elle traverse.

ولنأخذ مثالاً يوضح قانون هيس بلغة الأرقام:

بالإمكان تحضير محلول كبريتات الصوديوم انطلاقاً من محاليل حمض الكبريت وهيدروكسيد الصوديوم بطريقتين اثنتين:

الأولى: مزج المحلول المحتوي على مولين من NaOH مع المحلول المحتوي على مول واحد من H_2SO_4.

الثانية: مزج المحلول المحتوي مول واحد من NaOH مع محلول يحتوي مول واحد من H_2SO_4 ثم إضافة محلول يحتوي مول آخر من NaOH للناتج من التفاعل الأول ($NaHSO_4$).

ولنكتب المعادلات الكيمياحرارية لهذه التفاعلات:

الطريقة الاولى:

$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$ + ١٣١،٤ كيلو جول

أساس — حمض — ملح — ماء

الطريقة الثانية:

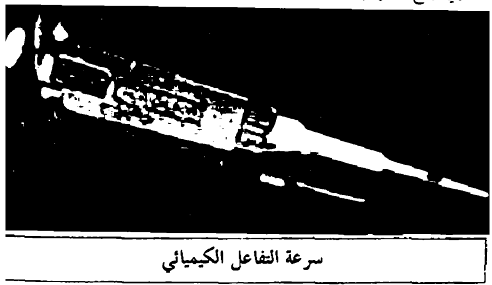
$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$ + ٦١،٧ كيلو جول

أساس — حمض — ملح — ماء

$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$ + ٦٩،٧ كيلو جول

أساس — حمض — ملح — ماء

لاقاً من قانون هيس Hess فإن الأثر اري في كلتا الحالتين يجب أن يكون داً. وفي واقع الأمر، إذا جمعنا الأثر الحراري لمرحلتي التفاعل الثاني لوجدنا أن القيمة النهائية تساوي +١٣١،٤. أي نفس قيمة الأثر الحراري للتفاعل الأول.



سرعة التفاعل الكيميائي

تجري التفاعلات الكيميائية بسرعات مختلفة، فبعضها ينتهي لحظياً خلال أجزاء قليلة من الثانية، بينما يتطلب البعض الآخر دقائق أو ساعات أو أياماً وربما سنوات طويلة كي يُنجز. وفي الوقت نفسه، قد يحدث التفاعل بسرعة كبيرة في ظروف معينة وفي ظروف أخرى ببطء شديد.

تتمتع سرعة التفاعل بأهمية كبرى من الناحية العلمية والعملية التطبيقية. ففي الصناعات الكيميائية مثلاً، تتعلق الإنتاج وأبعاد الأجهزة وكمية المواد المنتجة بسر التفاعل بشكل رئيسي.

أثناء دراسة سرعة التفاعل لا بد من التمي بين التفاعل الذي يجري في جمل متجان Systèmes Homogènes والتفاعل الذ يجري في جمل غير متجانسة stèmes Hétérogènes. والمقصود بالجمل المتجان تلك الجمل التي تتألف من المواد الموجو

مُمص Micropipette دقيق يُستعمل في مخابر الكي Bioch على الحيوية imie عموماً والكيمياء سوائل وجه من الميليلتر. جزء من الألف تصل بدقتها حتى الخصوص. يسمح هذا الممص بأخذ حجوم من السوا

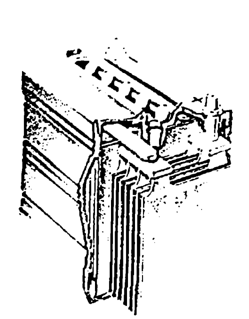
في طور واحد أو حالة واحدة كالسوائل أو الغازات مثلاً. أما الجمل غير المتجانسة فهي الجمل المؤلفة من مواد موجودة بحالات مختلفة كالماء والجليد مثلاً، أو المعدن والهواء الرطب المحيط به.

من هنا نجد أن التفاعل يجري في الجمل المتجانسة في كل أنحاء هذه الجمل بينما يجري التفاعل في الجمل غير المتجانسة على سطوح التماس بين الجمل فقط.

من العوامل الهامة جداً التي تؤثر على سرعة التفاعل، هناك طبيعة المواد المتفاعلة وتركيزها والحرارة ووجود أو عدم وجود مواد محفزة Catalyseurs في وسط التفاعل.

١ ـ علاقة سرعة التفاعل مع تركيز المواد المتفاعلة:

تلعب تراكيز المواد المتفاعلة دوراً هاماً جداً في عملية التفاعل. لأن المواد المتفاعلة (ذرات، جزيئات) كي تتفاعل مع بعضها، لا بد لها من أن تتصادم مع بعضها بشكل متبادل. أي لا بد من أن تقترب من بعضها إلى حد يكفي لكي تخضع ذرات إحداها لآثار الحقول الكهربائية المحيطة بالذرات الأخرى. وعندها فقط يصبح ممكناً انتقال الإلكترونات وإعادة ترتيب الذرات. الأمر الذي يؤدي إلى تشكل جزيئات المواد



تحتوي بطاريات السيارات ذات الـ ١٢ ڤولط على ٦ مراكمات كهربائية قوة كل منها ٢ ڤولط. تغمس فيها الأقطاب الكهربائية المعدنية (المهبط Cathode والمصعد Anode) في حامض الكبريت الكثيف. التفاعل الكيميائي هنا يجرى بين المادة الصلبة (المعدن) والمادة السائلة (الحامض) ويؤدي الى توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الكيميائية.

الجديدة ـ نواتج التفاعل. ومن الطبيعي جداً أن عدد التصادمات يكون كبيراً كلما كان تركيز كل مادة من المواد المتفاعلة الأولية كبيراً. الأمر الذي يُعَبَّر عنه قانون غولدبرغ كاتو Guldberg Cato (١٨٣٦ ـ ١٩٠٢م) الذي ينص على ما يلي:

في درجات الحرارة الثابتة والضغط الطبيعي تتناسب سرعة التفاعل طرداً مع تراكيز

المواد الداخلة في التفاعل.

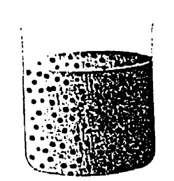
- At fixed temperatures and normal pressure, the velocity of reaction is proportional to the concentrations of the reacting substances.

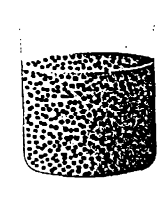
- Dans des températures fixes et sous pression normale, la vitesse de la réaction est directement proportionnelle aux concentrations de de ses matières.

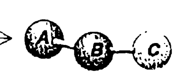
ولحساب سرعات التفاعل وعلاقتها مع التراكيز يُلجأ دائماً إلى المعادلات الرياضية وحساب معامل حسابي معين يدعى بمعامل التركيز.

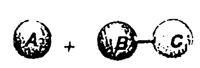
٢ ـ علاقة سرعة التفاعل مع درجة الحرارة وطبيعة المواد المتفاعلة:

إذا حاولنا حساب عدد التصادمات التي تجري بين الجزيئات في الغازات والسوائل لوجدنا أن عدد هذه التصادمات كبير جداً في الشروط الطبيعية. مما يعني أن كل التفاعلات لا بد وأن تجري لحظياً وبشكل سريع. إلا أن الواقع غير ذلك تماماً، فليست كل التفاعلات سريعة، لا بل إن بعضها غير قابل للجريان. وبالامكان تفسير هذا التناقض الظاهري إذا افترضنا أن ليس كل التصادمات الجزيئية بين المواد المتفاعلة تؤدي إلى تشكيل ناتج التفاعل. فالتفاعل كي يحدث، أي كي تتشكل جزيئات جديدة، لا بد أولاً من قطع أو إضعاف الروابط بين الذرات الموجودة في

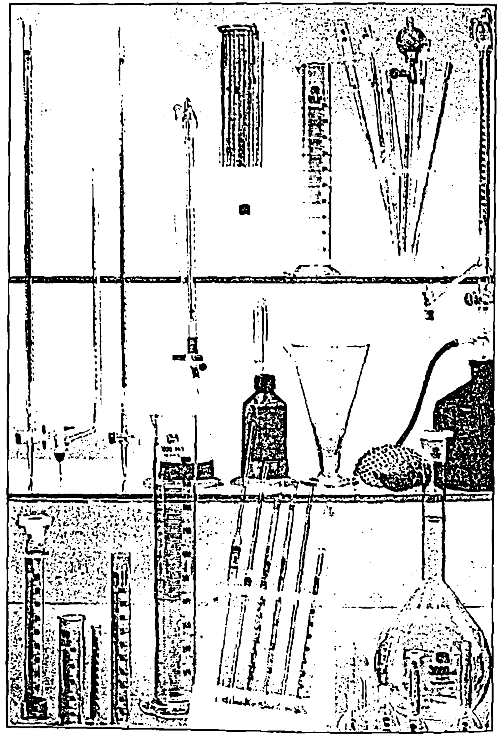








ان سرعة التفاعل في الوعاء الأيسر أعلى منها في الوعاء الايمن. اذا كانت درجة الحرارة والضغط المحيط بالوعائين واحدة. علماً بأن نفس التفاعل يجري في كل من الوعائين.



بعض الأدوات المخبرية المقاومة للحرارة المستعملة في مخابر الكيمياء لقياس حجوم السوائل بدقة.

جزيئات المواد الأولية، الأمر الذي يستوجب صرف مقدار معين من الطاقة. وإذا لم تمتلك المواد المتصادمة فيما بينها هذا المقدار من الطاقة، فإن التصادمات فيما بينها ستكون عديمة الجدوى ولن تؤدي إلى تشكل نواتج التفاعل. أما في الحالة المعاكسة، أي إذا كانت الطاقة الحركية التصادمية للجزيئات كافية لإضعاف أو قطع الروابط، فإن التفاعل سوف يتم وسوف تتشكل نواتج التفاعل.

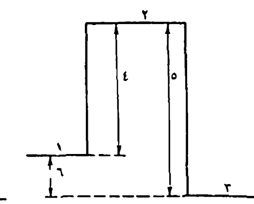
تدعى الطاقة الإضافية التي يتوجب على الجزيئات أن تمتلكها كي تؤدي التصادمات التي تقوم بها إلى تكون مواد جديدة بطاقة التفعيل Energies d'activation وهي تُقاس بالكيلو جول/مول. ومع ازدياد درجة الحرارة يزداد عدد الجزيئات المفعلة في المادة مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

إن طاقة تفعيل التفاعلات المختلفة، مختلفة هي أيضاً. وتتعلق بالدرجة الأولى بطبيعة المواد المتفاعلة وتأثيرها هي الأخرى على سرعة التفاعل. بالنسبة لبعض التفاعلات تكون طاقة التفعيل صغيرة، ولبعضها الاخر كبيرة.

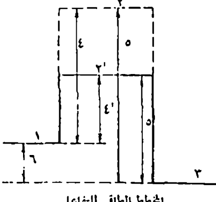
إذا كانت طاقة التفعيل صغيرة جداً، فإن هذا يعني أن عدداً كبيراً من التصادمات بين

بالامكان زيادة سرعة التفاعل مخبرياً في الأوساط المائية برفع درجة حرارة وسط التفاعل وتحريكه على جهاز خاص بذلك يقوم بتحريك السائل مغناطيسياً وتسخينه كهربائياً.

جزيئات المواد المتفاعلة سوف يُتَوَّج بحصول التفاعل وأن سرعة التفاعل سوف تكون كبيرة، كما يحدث عند التفاعلات الشاردية في المحاليل المائية. أما في الحالة المعاكسة، أي إذا كانت طاقة التفعيل كبيرة جداً فإن هذا يعني أن مقداراً ضئيلاً جداً من التصادمات سوف يؤدي لحدوث التفاعل الكيميائي. وبالتالي سوف تكون سرعة التفاعل بطيئة جداً.



عند تسخين قضيب الحديد تزداد حركة وتصادمات ذراته وتصبح أكثر مقدرة على الدخول في التفاعلات الكيميائية.

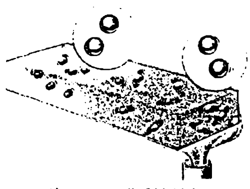


المخطط الطاقي للتفاعل
١ ـ المواد الاولية، ٢ ـ المعقد المُفعّل (المُنشّط)، ٣ ـ نواتج التفاعل، ٤ ـ طاقة تفعيل التفاعل المباشر ٥ ـ طاقة تفعيل التفاعل العكوس، ٦ ـ الأثر الحراري للتفاعل.

التحفيز (الوساطة) Catalyse

المواد التي لا تُستَهلك أثناء جريان التفاعل الكيميائي لكنها تؤثر على سرعته تدعى بالمواد المحفزة Catalyseurs. وتُدعى ظاهرة تغير سرعة التفاعل تحت تأثير مثل هذه المواد بظاهرة التحفيز Catalyse. أما التفاعلات التي تتم تحت تأثير هذه المواد المحفزة فتدعى بالتفاعلات المحفزة Réactions Catalytiques. ويُفَسَّر أثر هذه المواد المحفزة بأنها تقوم عادة بخفض طاقة التفعيل اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

وبوجود هذه المحفزات يجري التفاعل عبر مراحل وسيطة مخالفة للمراحل



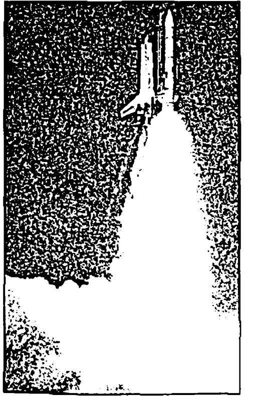
المخطط الطاقي للتفاعل بوجود المحفز
١ ـ المواد الأولية، ٢ ـ المعقد المُفعّل (المُنشّط) بدون المحفز ٢ ـ المعقد المُفعّل (المُنشّط) بوجود المحفز، ٣ ـ نواتج التفاعل ٤ ـ طاقة تفعيل التفاعل المباشر بدون محفز، + ٤ ـ طاقة تفعيل التفاعل المباشر بوجود محفز، ٥ ـ طاقة تفعيل التفاعل العكوس بدون محفز، + ٥ ـ طاقة تفعيل التفاعل العكوس بوجود محفز، ٦ ـ الأثر الحراري للتفاعل.

التي يجري بها بدون وجود هذه المحفزات.

تستخدم المحفزات Catalyseurs في الصناعة الكيميائية بكثرة لأنها تسرع من حدوث التفاعلات لأكثر من مليون مرة في بعض الحالات. كما هو الحال في تصنيع النشادر وأكسدته لصنع حمض الآزوت الكثيف.

التفاعلات العكوسة واللاعكوسة والتوازن الكيميائي

تقسم كل التفاعلات الكيميائية إلى تفاعلات عكوسة وأخرى لاعكوسة. والمقصود بالتفاعلات اللاعكوسة تلك التفاعلات التي تجري حتى نهايتها أي حتى انتهاء إحدى المواد الأولية الداخلة في التفاعل. أما التفاعلات العكوسة فهي تلك التفاعلات التي لا تجري حتى نهايتها ولا ينتهي أي من المواد الداخلة فيها. ويُفَسَّر ذلك بأن التفاعلات اللاعكوسة لا تسير إلا باتجاه واحد فقط، أما العكوسة فتسير باتجاهين، أي باتجاه النواتج والمواد الأولية الداخلة في التفاعل. أما التوازن الكيميائي فهو توازن حركي، يجري خلاله التفاعل في كلا الاتجاهين وبسرعات متساوية تماماً. وتبعاً لذلك لا يلاحظ أي تغير في حالة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عن التفاعل.



وفقاً لمبدأ الفعل ورد الفعل. يقوم هذا الصاروخ جراء تفاعل الوقود الذي يحتويه مع الأكسجين الجوي باطراح كميات كبيرة جداً من الغاز الساخن باتجاه الأسفل مما يؤدي الى دفعه مع ما يحمله (المكوك الفضائي) باتجاه الأعلى مُخترقاً بذلك مجال الجاذبية الأرضية.

الباب الثالث

الكيمياء اللاعضوية

(المعدنية)

موضوع الكيمياء اللاعضوية

مقدمة:

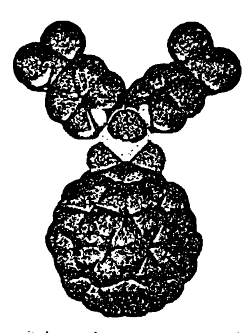
يقوم هذا الفرع من الكيمياء بدراسة العناصر الكيميائية والمركبات التي تتشارك لتركيبها بعد استثناء معظم مركبات عنصر الكربون التي تدرس بالتفصيل في قسم خاص بها يدعى بالكيمياء العضوية Chimie organique.

إن تاريخ الكيمياء اللاعضوية مرتبط بشدة مع التاريخ العام للكيمياء. وقد توجه الاهتمام منذ العشرينات من قرننا العشرين هذا، أي بعد اكتشاف كل العناصر الثابتة، إلى كشف بنية وطبيعة المركبات والروابط الكيميائية مما أدى إلى اصطناع صفوف جديدة من المركبات اللاعضوية كمركبات الغازات النادرة - الخاملة - (١٩٦٢) والمركبات المشتقة من الغرافيت وسوى ذلك من المركبات الجديدة.

تتلخص الأهداف الرئيسية الكامنة خلف دراسة الكيمياء اللاعضوية بمعرفة بنية المركبات اللاعضوية والكشف عن العلاقة القائمة بين بنية هذه المركبات والصفات والتفاعلات التي تتميز بها، واستنباط طرق جديدة لاصطناع وتركيب وتنقية المواد المختلفة.

تستخدم المركبات اللاعضوية بشكل واسع كمواد إنشائية في كل فروع الصناعة والبناء والطاقة والزراعة والصيدلة والنقل. بما في ذلك التقنيات الفضائية (معادن - خلائط - سبائك - زجاج - سيراميك).

كما ساهمت المركبات اللاعضوية مع البوليميرات les polymères (المكثورات) العضوية في تأسيس مبادئ اصطناع مجموعة كاملة من المواد التركيبية الجديدة تماماً.



أول صورة للجزيء K - 60 المشتق من الغرافيت Graphite وهو من الجزيئات الجديدة التي أسفرت عنها الأبحاث المعمقة في مجال الكيمياء اللاعضوية. يدور هذا الجزيء بسرعة حول نفسه. ويتوقف دورانه بواسطة الأمنيوم (الذرات ذات اللون الأصفر).

تصنيف العناصر الكيميائية

تُقسم كل العناصر الكيميائية تقليدياً إلى معادن ولا معادن (أحياناً تدعى فلزات ولا فلزات). وهناك حدود وهمية نظرية اصطلاحية تفصل بين المعادن واللامعادن في الجدول الدوري. فإذا رسمنا خطاً يصل بين عنصر البور وعنصر الاستاتين لكانت المعادن من جهة اليسار واللامعادن من جهة اليمين. أما عن العناصر التي تقع على الحدود الفاصلة مباشرة (كالجرمانيوم مثلاً) فهي تحتل مواقع وسطية وتظهر صفات المعادن واللامعادن في آن معاً.

إن المعادن هي العناصر الموجبة كهربائياً القادرة على إعطاء إلكترونات بسهولة والتحول إلى شوارد موجبة في المحاليل. أما اللامعادن فهي العناصر السالبة كهربائياً القادرة على التقاط الإلكترونات بسهولة نسبية وتشكيل الشوارد السالبة.

من هنا نقول إن اللامعادن هي عناصر المجموعات الثانوية الكبيرة أي الغازات النادرة والهالوجينات والكبريت والسيلينيوم والازوت والفوسفور والزرنيخ والكربون والسيليسيوم (السيليكون) والأكسجين والبور والهيدروجين. أما باقي العناصر فكلها

جدول مندليف الدوري الطويل. وتظهر عليه المعادن باللون الأبيض أما اللامعادن فتظهر باللون الأحمر.

معادن.

هناك تصنيف آخر للعناصر الكيميائية ينطلق من البنية الإلكترونية لذرات العناصر. واستناداً عليه، تدعى عناصر المجموعات الكبيرة I و II بالعناصر S وعناصر المجموعات الكبيرة III - VII بالعناصر P. أما عناصر المجموعات الصغيرة عدا اللانثانويدات فتدعى بالعناصر d وتُدعى اللانثانويدات بالعناصر f.

الشكل الحديث (الجدول الدوري الطويل) من جدول منديليف المكتشف في عام ١٨٦٩.

تصنيف المركبات اللاعضوية

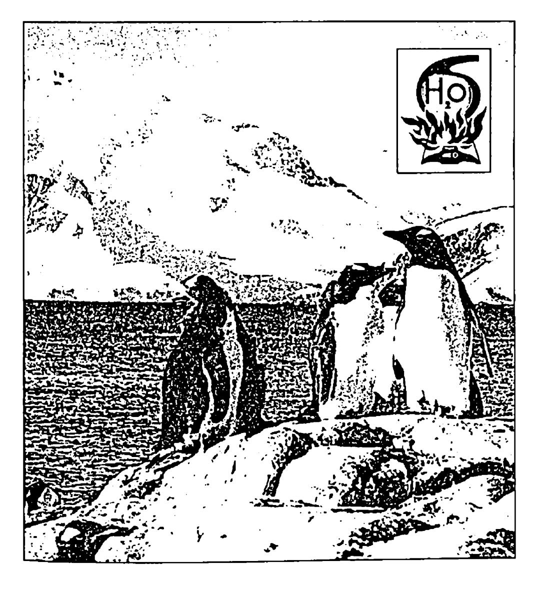
إن المركبات اللاعضوية، مركبات معقدة، يشترك في تركيبها كل العناصر الكيميائية (باستثناء مركبات الكربون). وفي الوقت الراهن هناك حوالي ٣٠٠ ألف مركب لا عضوي معروف تدخل جميعها في تركيب بنية القشرة الأرضية والغطائين المائي والغازي للأرض.

تُصنَّف المركبات اللاعضوية وفقاً لبنيتها أو وفقاً لوظائفها. فمن حيث البنية، هناك المواد الثنائية (يدخل في تركيبها عنصران فقط) مثل الأكسيدات والهالوجينات والنيتريدات... والعناصر التي يدخل في تركيبها أكثر من عنصرين اثنين كالهيدروكسيدات وأميدات المعادن... إلخ. أما من حيث الوظيفة، فهناك الأكسيدات والهيدروكسيدات والحموض

والأملاح...إلخ وتمتلك بعض المواد المركبة أسماء خاصة بها كمجموعات. مثل مركبات الشب Alum التي من أشهرها شب الألمنيوم والبوتاسيوم وشب الكروم والبوتاسيوم.

الماء

الماء، مادة منتشرة بشكل واسع للغاية على سطح الكرة الأرضية. ويتضح هذا الواقع أكثر عندما نعرف أن حوالي ٣/٤ مساحة القشرة الخارجية لكوكبنا مغطاة بالماء على



شكل محيطات وبحار وأنهار وبحيرات. كما أن الكثير من الماء يتواجد على شكل بخار في الجو وجليد وثلج في قمم الجبال وفي القطبين الشمالي والجنوبي. أما في جوف الارض فهناك ملايين الأمتار المكعبة من المياه الجوفية التي تُغذي التربة والينابيع الجبلية.

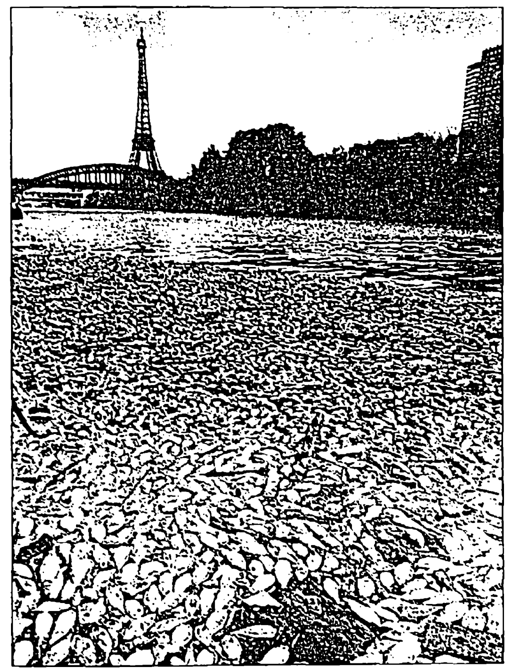
لا يتواجد الماء في الطبيعة بشكل نقي صافٍ، بل بشكل مشوبٍ بالعديد من المواد والعناصر. والماء الأكثر نقاوة في الطبيعة هو ماء المطر الذي لا يحتوي إلا على آثار زهيدة من الشوائب المختلفة المُلتَقطة أثناء رحلته في الجو قبل أن يستقر على أديم الأرض. إن كمية الشوائب الموجودة في المياه العذبة تقع عادة بين ٠،٠١ وحتى ٠،١٪ (كتلة) أما المياه المالحة في البحار فتحتوي حوالي ٣ ـ ٥٪ من كتلتها شوائب تتألف بشكل رئيسي من الكلور والصوديوم.

للماء أهمية أكبر وأوضح من أن توصف بالنسبة لحياة الكائنات الحية النباتية والحيوانية والإنسان. ووفقاً لأحدث المعطيات فإن نشوء الحياة نفسها كان مرتبطاً إلى حد بعيد بالماء والبحار. ويعتبر الماء بالنسبة لكل الكائنات الحية بدون أي استثناء الوسط الذي تجري به كل التفاعلات والعمليات الكيميائية التي تؤمن استمرار حياة هذه العضويات. إضافة إلى ذلك فإنه، أي الماء، يشارك أحياناً وبشكلٍ مباشرٍ في بعض التفاعلات الكيميائية. لذا فمن المهم والضروري للغاية حماية مصادر المياه العذبة من التلوث ـ سمة القرن العشرين. لأن ازدياد عدد سكان الأرض الانفجاري لا يتزامن مع ازدياد مماثل في مصادر المياه التي كانت وما زالت وستبقى هي نفسها منذ ملايين السنين.

ـ الصفات الفيزيائية للماء

الماء النقي الصافي عبارة عن سائل شفاف عديم اللون تزداد كثافته ـ على العكس من كل السوائل الأخرى ـ عند الانتقال من الحالة الصلبة (الجليد) إلى الحالة السائلة (الماء السائل) حيث تزداد كثافة الماء من الصفر المئوي (درجة التجمد) إلى الأربع درجات مئوية، الدرجة التي تكون عندها الكثافة أعظمية. وانطلاقاً من هذه الدرجة باتجاه الدرجات الأعلى تأخذ الكثافة بالانخفاض وصولاً إلى ١٠٠ مئوية ـ درجة الغليان والتحول إلى بخار (الحالة الغازية).

ترى ما الذي يحصل لو تغيرت كثافة الماء كما تتغير كثافة الغالبية العظمى من السوائل الأخرى؟ الذي يحدث وببساطة هو كارثة



في العام ١٩٨٣ كشفت احدى الوثائق الرسمية السرية عن أن أكثر من ١٠١ معمل ومنشأة صناعية تضع مخلفاتها السامة في مياه الأنهار السطحية الجارية في المنطقة الباريسية (السين la Seine والمارن Marne واللوار Loire). مما أدى الى تلوث هذه المياه بشكل مأساوي. وقد اتخذت منذ ذلك الحين اجراءات صارمة دعيت باسم «حزام الأمان» لمنع تكرار ذلك.

ذات أبعاد عالمية تقضي على كثير من أنواع الحياة على الأرض والسبب في ذلك هو، أنه إذا كانت كثافة الماء تتغير كما تتغير كثافات السوائل الأخرى ولدى انخفاض درجة حرارة الماء السطحي شتاءً في العديد من المسطحات المائية في العالم (بحار ـ أنهار ـ بحيرات) إلى درجة الصفر. سوف تتجمد هذه الطبقات السطحية وستنزل إلى القاع، مفسحةً المجال للطبقة الدافئة التي تحتها أن تتبرد هي الأخرى حتى درجة الصفر لتهبط بعدئذ بدورها إلى القاع. وهكذا دواليك إلى أن يتجمد الماء كُلياً من السطح وصولاً إلى القاع، الأمر الذي يعني القضاء على معظم أشكال الحياة في هذه المسطحات المائية.

إلا أنه لحسن الحظ ونظراً لأن كثافة الماء العظمى هي عند درجة أربعة مئوية. فإن تبادل الطبقات آنف الذكر لا يحدث بل يتوقف عند حد معين. الماء ذو الكثافة الأقل يطفو إلى الأعلى ويتجمد حامياً بذلك الطبقات التي تقع تحته من التبريد والتجمد. وهكذا نجد في عمق الأنهار المتجمدة شتاء والبحار المتجمدة في القطبين الشمالي والجنوبي كل أنواع الحياة السمكية المألوفة حيةً تمارس حياتها بالشكل الذي اعتادت عليه.



تبقى الكتلة الجليدية على السطح حاميةً بذلك الطبقات السفلى الدافئة نسبياً من التحول الى الحالة الصلبة.

من صفات الماء الأخرى الفيزيائية المثيرة للإعجاب والدهشة، والمهمة للغاية بالنسبة للطبيعة ما يُدعى بطيف التحمل الحراري الكبير. فالماء يتبرد ببطء شديد أيضاً في النهار ولدى الانتقال من الشتاء إلى الصيف. الأمر الذي يؤهله لأن يلعب دور منظم حراري هائل الحجم على صعيد الكرة الأرضية ككل.

ـ الصفات الكيميائية للماء

تتميز جزيئات الماء بمقاومة الحرارة. فهي لا تتفكك عند تعرضها لدرجات مرتفعة منها ولا تبدأ بذلك إلا عند وصول درجة الحرارة إلى ما فوق الـ ١٠٠٠ درجة مئوية حيث يبدأ بخار الماء بالتحلل إلى عناصره الأولية المشكلة له، أي إلى الأكسجين والهيدروجين وفقاً للتفاعل البسيط التالي:

$2H_2O$ حرارة عالية $2H_2 + O_2$



شكل تخطيطي يمثل جزيء الماء مثلث السطوح المتساوي الأضلاع تقريباً. الزوايا بين الروابط التكافؤية H - O - H تساوي ١٠٤،٢٧".



كثافة الجليد أقل من كثافة الماء السائل وبالإمكان تجسيد ذلك في المنزل من خلال طفو مكعب الثلج في كوب الماء.

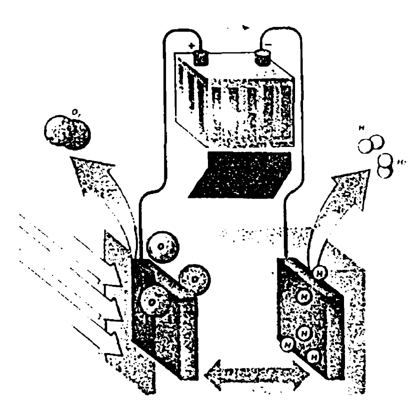
وتدعى هذه العملية بالتحلل الحراري للماء. الماء جزيء فَعَّال للغاية، يؤدي اتحاده مع العديد من أكسيدات المعادن واللامعادن إلى تشكل الحموض والأسس. كما أنه يتصف بصفات تحفيزية، إذ في غياب الآثار الخفيفة جداً من الماء لا يجري الكثير من التفاعلات التي اعتدنا على حدوثها مثل تفاعل الكلور مع المعادن وتأكسد الصوديوم في الهواء المحيط به.

ـ الماء الثقيل

يحتوي الماء العادي وفي الشروط الطبيعية على كمية زهيدة مما يُدعى بالماء الثقيل D_2O وهو الماء الذي يدخل في تركيبه النظير الثقيل للهيدروجين H_2 المُسمى بالديتيريوم Deuterium (من الكلمة اليونانية Deuteros وتعني الثاني).

أثناء التحليل الكهربائي طويل الأمد للماء تتعرض جزيئات الماء العادي فقط للتحلل والتحول إلى الهيدروجين والأكسجين بينما تقاوم جزيئات الماء الثقيل هذه العملية مما يؤدي إلى ارتفاع محتوى الماء من الماء الثقيل D_2O. وقد أمكن في عام ١٩٣٣ بواسطة هذه الطريقة الحصول لأول مرة على كمية معينة من الماء الثقيل النقي تماماً الذي حصل على اسمه هذا يومذاك.

يختلف الماء الثقيل عن الماء العادي. فقوته التفاعلية أقل بكثير وهو يستخدم بشكل رئيسي لإبطاء النترونات في المفاعلات النووية.



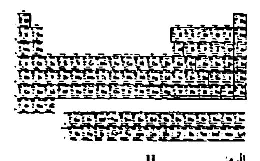
طريقة جديدة لتحليل الماء والحصول على الماء الثقيل تعتمد على الضوء والكهرباء في الوقت نفسه.
الالكترودات الكهربائية مصنوعة من السيليسيوم. وبالامكان طبعا جمع غازي الهيدروجين والأكسجين اضافة الى الماء الثقيل في الوعاء الكبير.

الفصل الأول

اللامعادن

الهيدروجين Hydrogenium

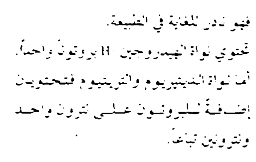
اكتُشِفَ الهيدروجين لأول مرة في النصف الأول من القرن السادس عشر على يد العالم السويسري باراسيلس Paracelse وبقي الأمر كذلك دون أي تجديد حتى أيام كافنديش Cavendish ولافوازيه Lavoisier حيث قام العالم الانكليزي كافنديش Cavendish في عام ١٧٧٦ بتحديد الصفات التي تميز هذا الغاز عن غيره. أما لافوازيه Lavoisier فاستخلص الهيدروجين من الماء واكتشف بأن الماء عبارة عن اتحاد الهيدروجين كيميائياً مع غاز الأكسجين (١٧٨٣). للهيدروجين ثلاث نظائر هي البروتيوم Protium H^1 والديتيريوم Deuterium D أو والتريتيوم Tritium H^3 أو



الرمز	H
العدد الذري	١
الكتلة الذرية	١٫٠٠٧٩
نقطة التميع	٢٤٠
نقطة الغليان	٢٥٢٫٨

T. البروتيوم والديتيريوم ثابتان ومستقران أما التريتيوم فهو عنصر مشع وغير مستقر (عمر النصف ١٢٫٥ سنة).

يوجد البروتيوم والديتيريوم بنسبة ١ إلى ٦٨٠٠ من حيث عدد الذرات، أما التريتيوم



فهو نادر للغاية في الطبيعة.

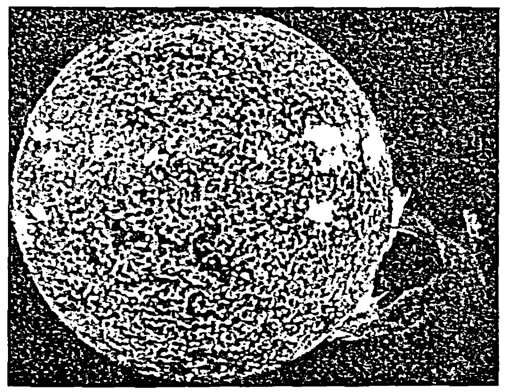
تحتوي نواة الهيدروجين H بروتوناً واحداً. أما نواة الديتيريوم والتريتيوم فتحتوين إضافة للبروتون على نترون واحد ونترونين تباعاً.

- الهيدروجين في الطبيعة

يصادف الهيدروجين الحر على الأرض بكميات قليلة للغاية وأحياناً ينطلق مع غيره



ينطلق الهيدروجين الحر مع غيره من الغازات كالآزوت مثلاً أثناء الاندفاعات البركانية. يمثل الرسم المقابل ثورة أحد البراكين الموجودة في جزر هاواي والمدعو كيلاوي KILAWEA.



صورة لانحجاب شمسي هائل ملتقطة من قبل مخبر الفضاء NASA - Skylab في العام ١٩٧٣. ما هذا الانحجاب الشمسي إلا نتيجة لكم هائل من التفاعلات الاندماجية وانطلاق الطاقة بكميات عظيمة. علماً بأن الكثير من المعلومات المتعلقة بمثل هذه الانفجارات الهائلة أو العواصف الشمسية ما زالت مجهولة حتى الآن.

قطر الشمس يساوي ١.٤٠٠٠٠٠ كم أي ١٠٩ مرات أكبر من قطر الأرض.

ـن الـغـازات أثـنـاء الـثـورات البركـانـيـة
اندفاعات الآبار النفطية.
لا أن هذا العنصر منتشر بشكل واسع
غاية على شكل المركبات والمواد التي
دخل في بنيتها. ويبدو هذا الأمر
اضحاً، إذا تذكرنا أنه يؤلف ١/٩ من
تلة الماء الجزيء الأوسع انتشاراً على
لأرض... ويدخل في تركيب كل
لنباتات والحيوانات والنفط والفحم
لحجري والغاز الطبيعي وعدد كبير من
لفلزات.
، الفضاء الخارجي يعتبر الهيدروجين
عنصر الأكثر انتشاراً، كونه يتواجد في
ضباب الغازي الفضائي والغازات
كونية. كما أنه يدخل في تركيب النجوم
فسها كالشمس مثلاً التي يؤلف

يتم الحصول على الهيدروجين صناعي
من الغاز الطبيعي الذي يتألف بشكل
رئيسي من الميثان Methane وذلك من
خلال عملية خلطه أو مزجه مع بخار الما
والأكسجين والتسخين حتى ٨٠٠ ـ ٠٠٠
درجة مئوية.
أما في المختبر فيتم الحصول على
الهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي
لمحاليل NaOH و KOH المائية.

عضوية



الهيدروجين نصف كتلتها.
أما في باطن النجوم فتجري دائماً عمليا
تحول نوى ذرات الهيدروجين إلى نوى
ذرات الهليوم، الأمر الذي يترافق مع
إطلاق كميات كبيرة جداً من الطاقة
ولتخيل مقدار الحجم الهائل لهذا التفاعل
الاندماجي يكفي أن نقول إن الشمس تفقد
من كتلتها في كل ثانية واحدة حوالي ٤
مليون طن على شكل طاقة جراء حصول
مثل هذه التفاعلات.

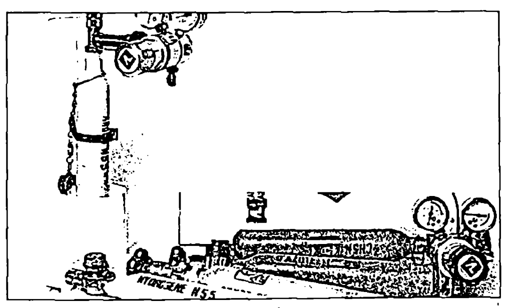
يشكل الهيدروجين الغاز الرئيسي في الفضاء ما بين
النجوم. ويوضح الخط البياني الموجود أعلى ويمين
الصورة العلاقة القائمة ما بين العدد الذري لعناصر
الجدول الدوري (محور السينات) وتوافر العناصر
في الفضاء (محور العينات). ويبدو واضحاً منه أن

- صفات الهيدروجين الفيزيائية

الهيدروجين غاز عديم اللون والرائحة، يتميع عند تبريده إلى ٢٤٠ درجة مئوية ويتحول إلى الحالة السائلة. أما درجة غليانه فهي - ٢٥٢،٨. وإذا تم تبخير هذا السائل بشكل مفاجئ يتحول إلى الحالة الصلبة التي تأخذ شكل بلورات شفافة تبدأ بالتشكل عند درجة حرارة - ٢٥٩،٢ مئوية. غاز الهيدروجين أخف الغازات جميعاً (١٤،٥ مرة أخف من الهواء) لذلك نراه يستخدم في ملء البوالين الهوائية الطائرة. كما كان يستعمل سابقاً لملء المناطيد الهوائية العملاقة على الرغم من خطر التعرض لانفجاره في الهواء.

- صفات الهيدروجين الكيميائية

تنبع كل الخصائص الكيميائية التي يتميز بها الهيدروجين من قابلية ذراته على إعطاء الإلكترون الوحيد الذي تملكه والتحول إلى شوارد موجبة الشحنة. إلا أن ذرة الهيدروجين قادرة ليس فقط على إعطاء إلكترونها بل على أخذ الإلكترون أيضاً تحت ظروف معينة متحولةً بذلك إلى شاردة سالبة الشحنة محاطة بإلكترونين مشابهة لذرة الهليوم (لها نفس الغطاء الإلكتروني). وبما أن الهيدروجين قادر على إعطاء وأخذ إلكترون فهو مشابه لعناصر معادن المجموعة الأولى من الجدول الدوري ولا معادن المجموعة السابعة. وهو



ينقل الهيدروجين وغيره من الغازات النقية الأخرى تحت ضغط عالٍ في أسطوانات فولاذية قوية مجهزة خصيصاً لذلك.

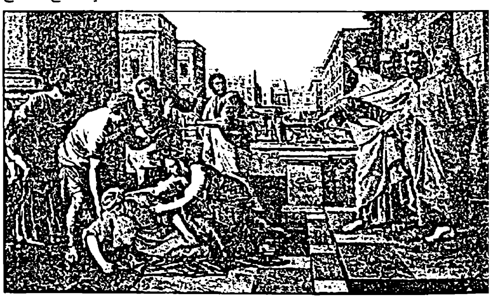
يوضع أحياناً في جهة اليسار مع المجموعة الأولى وأحياناً فوق المجموعة السابعة في الجهة اليمنى.

عند حرق حجمين من غاز الهيدروجين مع حجم واحد من غاز الأكسجين، يحدث الاتحاد الكيميائي بشكل لحظي وسريع على كل مدى المزيج مع حدوث انفجار قوي مما دعى إلى تسمية هذا المزيج بالغاز المتفجر، وقد تصل حرارة شعلة الهيدروجين إلى درجة عالية جداً (حوالي ٢٨٠٠ درجة مئوية). لذا تستعمل هذه الشعلة الهيدروجينية مع الأكسجين لصهر وقطع المعادن.

عند درجة الحرارة المنخفضة لا يتفاعل الهيدروجين مع الأكسجين حتى ولو ترك المزيج لسنوات طويلة. إذ أن هذا التفاعل لا يجري إلا عند درجة حرارة ٥٠٠ مئوية وما فوق وإذا كان الهدف هو الوصول إلى الانفجار المذكور أعلاه فلا بد من تسخين المزيج ولو في نقطة واحدة منه لدرجة ٧٠٠ مئوية.

- فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2

إن فوق أكسيد الهيدروجين عبارة عن سائل لزج عديم اللون يتصلب عند درجة حرارة - ٠،٤٨ مئوية. وهو غير ثابت يتفكك بسرعة إلى الماء والأكسجين محدثاً ومطلقاً كمية كبيرة من الحرارة. ونظراً للصفات التأكسدية التي يتمتع بها ناتج

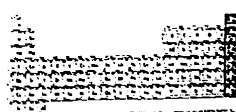


لفوق أكسيد الهيدروجين فائدته في عالم الفن أيضاً. فهو يستعمل بهدف تجديد اللوحات الزيتية القديمة التي تكون قد اسودت ألوانها نظراً لتحول الألوان الرصاصية الى كبريت الرصاص القاتم اللون تحت تأثير الهواء المحيط وما يحتويه من آثار زهيدة من غاز كبريت الهيدروجين H_2S.

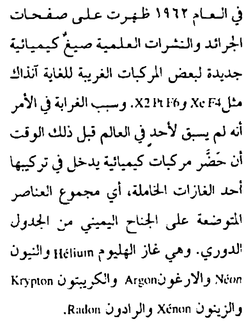
إرجاعه (أي الماء) يُستعمل فوق أكسيد الهيدروجين في تبييض أو قصر الأقمشة والجلود وفي الطب كمادة مطهرة بتركيز ٣٪ وفي الصناعة الغذائية أثناء صـ المعلبات. كما يُستعمل هذا السائل صناعة الصواريخ.

الغازات الخاملة Gaz inertes

في العام ١٩٦٢ ظهرت على صفحات الجرائد والنشرات العلمية صيغٌ كيميائية جديدة لبعض المركبات الغريبة للغاية آنذاك مثل Xe F4 و X2 Pt F6. وسبب الغرابة في الأمر أنه لم يسبق لأحدٍ في العالم قبل ذلك الوقت أن حَضَّر مركبات كيميائية يدخل في تركيبها أحد الغازات الخاملة، أي مجموع العناصر المتوضعة على الجناح اليميني من الجدول الدوري. وهي غاز الهليوم Hélium والنيون Néon والارغون Argon والكريبتون Krypton والزينون Xénon والرادون Radon.

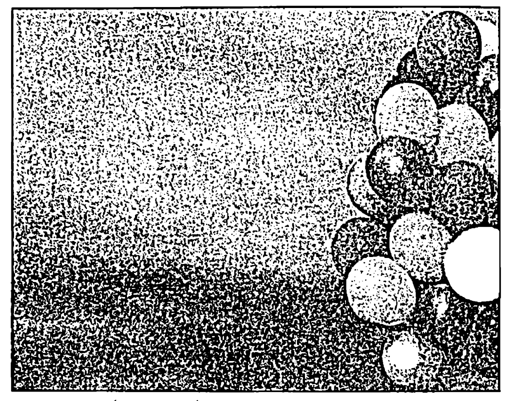


الهليوم	Hélium
النيون	Néon
الآرغون	Argon
الكريبتون	Krypton
الزينون	Xénon
الرادون	Radon



لقد ساهم تطور تقنية تميع الهواء من خلال تبر وتحويله إلى سائل ثم تقسيمه الى أجزائه المختلفة لدرجات حرارة تميع كل غاز على حدة في اكتشـ الغازات الخاملة.

تُظهر الصورة الهواء السائل «المُمَيَّع» لحظة صب القارورة الخاصة به الى وعاء تحت درجة حر الغرفة، الأمر الذي يجعله يغلي بسرعة بفـ حرارة الجو المحيط. وأثناء ذلك تنتج كميات كـ من الغاز وتتكون سحب من الماء المكثف فـ السائل.



تواجد الغازات الخاملة (النادرة) في الجو بنسب زهيدة مختلفة. يأتي في مقدمتها الأرغون Ar الذي يوجد بحجم ٠،٩٣٪. يتبعه وعلى الترتيب النيون Ne ٠،٠٠١٦٪ والهليوم He ٠،٠٠٠٥٪ ثم الكريبتون Kr 1×10^{-4}٪ والزينون Xe 1×10^{-5}٪ وأخيراً الرادون Rn 1×10^{-12}٪.

يحتفظ تاريخ هذه العناصر لنفسه بقصة مدهشة أخرى أو لنقل بمفاجأة أخرى تتمثل في عملية الكشف عن وجود هذه الغازات بحد ذاته. الأمر الذي تم خلال فترة زمنية قصيرة للغاية وقعت ما بين ١٨٩٤ ـ ١٨٩٩م. ففي النصف الثاني من القرن التاسع عشر لفت الباحث الإنكليزي رايلي John Rayleigh (١٨٤٢ ـ ١٩١٩) الانتباه إلى أن كثافة الآزوت Nitrogen المستخلص من الجو تختلف بكمية قليلة وثابتة عن كثافة الآزوت المستخلص من المركبات الكيميائية المختلفة. ولتفسير ذلك لجأ هذا الباحث إلى زميله الفيزيائي ويليام رمزي William Ramsay (١٨٥٢ ـ ١٩١٦) وتوصلا معاً إلى أن الآزوت الجوي يحتوي على كمية قليلة من غاز آخر يشوبه بشكل مستمر. تمكنا من استخلاصه بشكل نقي وأعطياه اسم الآرغون Argon الذي يعني باليونانية القديمة «الكسول» لأن الارغون في واقع الأمر لم يكن يستطيع الدخول أبداً في أي شكل من

أشكال التفاعلات الكيميائية.

في عام ١٨٩٥ وانطلاقاً من أحد فلزات اليورانيوم تم استخلاص عنصر غازي «كسول» ثانٍ هو الهليوم Hélium. ثم بعد ذلك بثلاث سنوات فقط اكتشفت ثلاثة غازات خاملة أخرى في الهواء هي الكريبتون Krypton والنيون Néon والزينون Xénon. وهذه الأسماء تعني باليونانية القديمة تباعاً «الخفي» و«الجديد» و«الغريب» ويعود الفضل الأول والأهم في اكتشاف هذه الغازات إلى الباحث الإنكليزي ويليام رمزي William Ramsay.

أخيراً، في العام ١٨٩٩ وفي كندا تحديداً قام العالم رذرفورد Ernest Rutherford النيوزلندي الأصل (١٨٧١ ـ ١٩٣٧) من خلال دراسة الإشعاع الذري بإثبات وجود غاز خامل جديد أطلق عليه اسم الرادون Radon منطلقاً بذلك من أن هذا الغاز ما هو إلا ناتج التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم *Radium* الشهير.

الصفات الفيزيائية للغازات الخاملة (النادرة)

العنصر	العدد الذري	الكتلة الذرية	حرارة الغليان	حرارة الانصهار
الهليوم He	٢	٤،٠٠٢٦	٢٦٩-	٢٧٢-
النيون Ne	١٠	٢٠،١٨٣	٢٤٦-	٢٤٩-
الارغون Ar	١٨	٣٩،٩٤٨	١٨٦-	١٨٩-
الكريبتون Kr	٣٦	٨٣،٨٠	١٥٣-	١٥٧-
الزينون Xe	٥٤	١٣١،٣٠	١٠٨-	١١٢-
الرادون Ra	٨٦	٢٢٢	٦٢-	٧١-

تحت ضغط ٢٥ × ١٠^{5} باسكال.

ـ الصفات الكيميائية للغازات الخاملة

لم يصبح من الممكن تفسير خمول هذه الغازات الكيميائية إلا بعد اكتشاف النموذج الفراغي للذرة وتوزع إلكتروناتها على المدارات الطاقية التابعة لها. فقد تبين أن ذرات كل العناصر الخاملة عدا الهليوم تحتوي على مدارها الطاقي الخارجي ٨ إلكترونات مما يعني أن هذه الإلكترونات

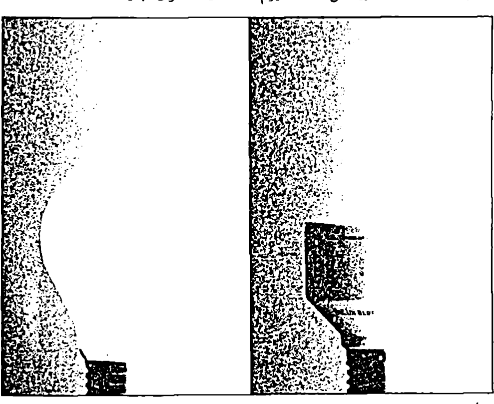


تم الكشف عن الهليوم قبل تاريخ استخلاصه الرسم الشمس وتحليل الغازات المنطلقة من البراكين الثائرة.



لسنوات طويلة ساد الاعتقاد بأن الغازات النادرة لا تدخل في أية تفاعلات كيميائية. لكن الآن هناك المئات من هذه المركبات الجديدة يظهر الشكل بعض بلورات الزينون التي اكتشفت لأول مرة عام ١٩٦٣.

بقيت النظرة إلى هذه الغازات على أنها خاملة كيميائياً إلى الستينات من القرن العشرين حيث استطاع العلماء خرق هذا القانون عن طريق تحقيق تفاعلات كيميائية بين الغازات الخاملة والعنصر الأكثر فعالية في الجدول ألا وهو الفلور. أما اليوم فهناك حوالي ٢٠٠ مركب كيميائي لغازات الزينون والكريبتون والرادون. وقد أدى هذا الواقع الجديد إلى تغيير اسم الغازات الخاملة، الاسم الذي ظل لاصقاً بهذه الغازات منذ اكتشافها، ويفضل العلماء اليوم تسميتها بالغازات النبيلة Gaz nobles (نظرا لأنها كالذهب لم تكن تدخل في التفاعلات الكيميائية إلا بصعوبة.) أو الغازات النادرة Gaz rares وقد كتب الباحث رمزي William Ramsay المذكور أعلاه أن «الزينون Xe يتواجد في الهواء بكميات أقل من تواجد الذهب في مياه البحر» وهو في ذلك محق تماماً لأن هذه الغازات مجتمعة تعتبر من أكثر الغازات ندرة في الطبيعة. ويتواجد الأرغون Ar في الجو بكميات تساوي مجمل الغازات النادرة الأخرى الباقية.



تملأ الغازات النادرة وخاصة غاز النيون Néon المصابيح الكهربائية ذات الاستعمالات المختلفة، وأسطوانات الدعاية التجارية.

ـ الفوائد والاستخدامات

تُستَخدم الغازات النادرة في مجال البحث العلمي والتقني بشكل واسع. وقد أدت الدراسات المجراة على صفات الهليوم السائل إلى اكتشاف الناقلية الكهربائية العالية Super conductivité والميوعة الفائقة Super fluidité.

كما تملأ مصابيح الإنارة وأسطوانات الدعاية التجارية الغازية بالغازات النادرة لدرجة أن هذه الأنابيب أصبحت تُسمى في العديد من دول العالم بالنيونات انطلاقاً من وجود الغاز الخامل بداخلها.

الهالوجينات les Halogenes

تُدعى عناصر الكلور والفلور والبروم واليود والأستاتين بمجموعة الهالوجينات التي حصلت على اسمها هذا اشتقاقاً من الكلمتين اليونانيتين Hals أو Halas وتعني ملح وgenes تعني مولدات. ذلك أن هذه العناصر كلها تستطيع التفاعل مع المعادن وإعطاء الأملاح كملح الطعام مثلاً الذي يتألف من اجتماع الصوديوم (معدن) مع الكلور (هالوجين).

الفلور	Fluorum
الكلور	Chlorum
البروم	bromum
اليود	Iodum
الأستاتين	Astatine

ـ التواجد في الطبيعة والصفات الفيزيائية

لا تتواجد الهالوجينات في الطبيعة ـ نظراً للفعالية الكيميائية الكبيرة التي تتمتع بها ـ بالشكل الحر، بل بالشكل المرتبط حصراً وخاصةً على شكل أملاح.

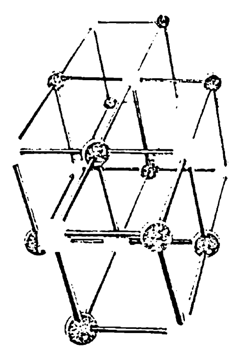
يُصادف الفلور في الطبيعة على شكل فلز الحجر الفلوري Fluorite الذي يتألف من اتحاد الفلور مع الكالسيوم CaF_2. كما تحتوي فلزات الكريوليت Cryolite والفلور أباتيت Fluoro-apatite أيضاً على هذا العنصر.

أما الكلور فأهم مركب يتواجد به على سطح الأرض هو كلور الصوديوم (ملح الطعام ـ NaCl) الذي يعتبر المادة الخام

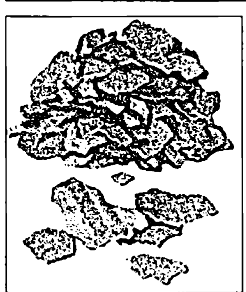
الصفات الفيزيائية للهالوجينات

العنصر	العدد الذري	الكتلة الذرية	حرارة الغليان	حرارة الانصهار	المظهر الخارجي
الفلور	٩	١٨،٩٩٨٤	-١٨٨،١٣	-٢١٩،٦١	غاز أصفر شاحب
الكلور	١٧	٣٥،٤٥٣	-٣٣،٦	-١٠٠،٩٨	غاز أصفر مخضر
البروم	٣٥	٧٩،٩٠٤	٥٨،٧٨	-٧،٢	سائل بني داكن
اليود	٥٣	١٢٦،٩٠٤٥	١٨٤،٥	-١١٣،٥	بلّورات زرقاء داكنة ذات بريق

الأكثر أهمية لاستخلاص كافة مركبات الكلور الأخرى. وتوجد الكتلة الرئيسية من



يتواجد الكلور في الطبيعة ككل الهالوجينات الأخرى على شكل مركبات فقط. وملح الطعام هو أشهر مركب من هذه المركبات. في الشكل صورة بلورة يظهر فيها الترتيب الفراغي لذرات الصوديوم (الأخضر) والكلور (الأصفر).



بلورات من اليود

كلور الصوديوم في مياه البحار والمحيطات والعديد من البحيرات، كما يوجد متحجراً على شكل توضعات في باطن الأرض تدعى بالملح الصخري أو الهاليت Halite. وهناك بعض الفلزات الأخرى التي تحتوي على ملح الطعام مثل فلز الكارناليت Carnalite والسيلفيت Sylvite .

يتميع الكلور تحت الضغط العالي ويتحول



توجد كميات قليلة من أملاح الكلور واليود بشكل محلول في مياه البحار، كما تحتاج بعض الطحالب إلى مادة اليود، الأمر الذي يستغله الإنسان للحصول على هذا العنصر.

إلى سائل يُنقل في أنابيب فولاذية خاصة.
يوجد البروم في الطبيعة على شكل أملاح البوتاسيوم والصوديوم والمغنيزيوم في مياه البحار وبعض البحيرات والأنهار الجوفية.
ويتواجد اليود أيضاً في مياه البحار إنما بكميات ضئيلة جداً تجعل استخلاصه من البحر مكلفاً وصعباً من الناحية التقنية لذا يُلجأ عادة إلى ترميد بعض الطحالب المائية (تحويلها الى رماد) للحصول على هذا العنصر بشكل نقي.
يصادف اليود في الطبيعة أحياناً على شكل يودات البوتاسيوم وبيريودات البوتاسيوم. لا يوجد العنصر الأخير في مجموعة الهالوجينات، أي الاستاتين Astatine، في الطبيعة لا بالشكل الحر ولا بالشكل المرتبط. بل يتم الحصول عليه عن طريق التفاعلات النووية الصنعية. وقد اكتشفت آثار زهيدة منه في مُنتجات التفكك المشع للأورانيوم Uranium والثوريوم Thorium
تمتلك كل الهالوجينات رائحة واخزة للغاية ويؤدي استنشاق أبخرتها إلى تهييج الطرق التنفسية واعتلال الأغشية المخاطية. وإذا حدث هذا الاستنشاق لفترة طويلة فقد يؤدي إلى حالات تسمم خطرة للغاية.

ـ أهمية الهالوجينات بالنسبة للإنسان

يلعب الكلور دوراً هاماً فيما يدعى بالتوازن الحمض ـ أساس Acide-Base balance في سوائل الجسم المختلفة كالمصورة Plasma والسائل النسيجي Fluide intercellulaire وتحتوي العظام على الكلور كشاردة غير قابلة للتبادل، كما تحتوي العصارة الهاضمة في المعدة على كميات كبيرة من الكلور على شكل حمض كلور الماء.
يعتبر البروم والفلور من العناصر الزهيدة Trace éléments أي تلك العناصر التي توجد بكميات قليلة للغاية في جسم الانسان. ويتواجد البروم بشكل رئيسي في



يؤدي عوز اليود Carence d'iode الى الاصابة بداء الدراق Goitre الذي يتميز بتضخم الغدة الدرقية الشديد. الا أنه ونظراً لاعتماد العديد من الدول القارية اضافة اليود الى ملح الطعام فقد قلت شدة تواتر حدوث هذا المرض بشكل كبير.

منطقة الدماغ والجملة العصبية المركزية إلا أن دوره الفيزيولوجي ما زال غامضاً وينقصه الكثير من البحث والتحقق. أما الفلور فعلى الرغم من كونه من العناصر الزهيدة Trace éléments إلا أنه يلعب دوراً هاماً في تقوية الأسنان والعظام وقد بدأ الكثير من بلدان العالم بإضافته لمياه الشرب وملح الطعام لهذه الغايات مجتمعة.

يُمتص اليود المتوافر في الغذاء وبفعالية كبيرة من قبل الأمعاء ثم يُنقل إلى الغدة الدرقية Thyroïde حيث يُخزن ويُستخدم لاصطناع الهرمونات الدرقية مثل ثلاثي يود الثيرونين Triiodo Thyronine والثيروكسين Thyroxine. الهرمونان اللذان يلعبان دوراً مفتاحياً هاماً في تنظيم الاستقلاب Metabolisme لدى البالغين ونمو وتطور الأطفال. وتعتبر الأسماك البحرية من المصادر الغذائية الهامة من حيث توافر اليود.

الصفات الكيميائية للهالوجينات

تُظهر الهالوجينات الحرة فعالية كيميائية كبيرة للغاية. وهي تتفاعل مع كل المواد البسيطة المعروفة. وخاصة مع المعادن حيث تتم هذه التفاعلات بسهولة مع إطلاق كميات كبيرة من الحرارة. فمثلاً يشتعل معدن الصوديوم



يتمتع الفلور بفعالية كيميائية عالية للغاية. وهو عند التسخين يتفاعل مع كل المعادن حتى الذهب والبلاتين، وينفجر الفلور لدى تماسه مع الثلج. رابطة الفلور مع الكربون قوية للغاية مما يجعل المركبات الفلوروكربونية ثابتة بشكل متميز.

الموجود في جو من غاز الكلور محدثاً شعلة شديدة التألق وعلى أطراف الوعاء أو الأنبوب الذي يحتويه يبدأ كلور الصوديوم بالتشكل على هيئة غبار أبيض.

ومن الأمثلة الكثيرة على فعالية الهالوجينات الكيميائية العالية نأخذ تفاعل الكلور مع كلور الحديد $FeCl_2$ ذي اللون الأصفر الشاحب محولاً إياه إلى كلور الحديد ذي اللون الأصفر الفاتح.

أما بالنسبة للفلور فهو أكثر الهالوجينات فعاليةً. ويوصف بحق على أنه العنصر الذي يتحد مع كل شيء كونه يتحد مباشرة مع المعادن واللامعادن إجمالاً سواء أكان ذلك بحرارة الغرفة أم تحت تأثير بعض التسخين.

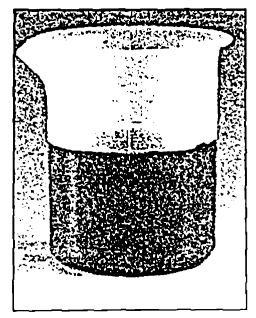
يتم استخلاص الهالوجينات النقية عادة من مركباتها الطبيعية عن طريق أكسدتها أو تعريضها للتحليل الكهربائي.

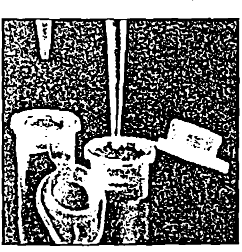
- استخدام الهالوجينات

للهالوجينات استعمالات أكثر من أن تعد وتحصى في عالم الصناعة الكيميائية فالفلور مثلاً يستعمل للحصول على الهيدروكربونات المقاومة للحرارة العالية والمواد البلاستيكية المقاومة للمواد الكيميائية المخرشة كالتيفلون Téflon.

والسوائل المستخدمة في عالم التبريد كسوائل الفريون Fréons مثلاً.

يستعمل الكلور لتحضير كميات هائلة من المركبات العضوية واللاعضوية على حد سواء. فمن حيث المركبات اللاعضوية يُستعمل الكلور لتحضير حمض كلور الماء وقصر الأنسجة والسيللوز المستخدم لصناعة الورق، ولتعقيم مياه الشرب والمياه الراكدة، كما يُستعمل في عالم التعدين لكلورة الفلزات الطبيعية الأمر الذي يعتبر المرحلة الأولى في طريق الحصول على بعض المعادن.





التيفلون Polytetrafluoroethylene ناتج بلمرة Polymérisation رباعي فلور الايتيلين. مادة بيضاء تشبه البارافين تتحمل الحرارة. تتفوق في ثباتها الكيميائي على المواد الصناعية المعروفة والفلزات الثمينة. لا تتأثر بالحموض والقلويات ولا بالماء الملكي لذا يحضر منها الكثير من الأوعية والأدوات المخبرية المقاومة.

أما بالنسبة للمركبات العضوية فقد حازت مركبات الكلور العضوية في الزمن الراهن على الكثير من الأهمية والضجة الإعلامية. فمثلاً يستعمل ثنائي كلور الإيتان ورباعي كلور الكربون بشكل واسع جداً في استخلاص الدهون كما تُستعمل بعض مركبات الكلور كمواد فعالة في مكافحة الآفات الزراعية وتحضير مختلف المنتجات البلاستيكية والألياف الصناعية والكاوتشوك.



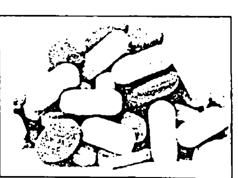

يساعد الكلور في صناعة بدائل الجلد الطبيعي (البافينول Pavinol). ومع استمرار التقدم التقني في العالم تستمر استخدامات المنتجات المحتوية على الكلور بالتوسع لدرجة أنها أصبحت تقارن مع استعمال حمض الكبريت والنشادر والصود الكاوي.



يستعمل الكلور لتحضير المواد السامة كالفوسجين Phosgène والايبريت Ypérite مثلاً وعدد من المواد المطلقة للدخان. وقد استعملت هذه الغازات بكثرة في الحرب العالمية الأولى على الجبهة الألمانية الفرنسية.



يعتبر البروم ضروريا لتصنيع العديد من المواد الدوائية وبعض الملونات وكذلك لتصنيع بروميد الفضة الضروري لإنتاج أفلام التصوير.



يستخدم اليود في عالم الطب لتصنيع صبغة اليود (كحول إيتيلي يحوي ١٥٪ يود) التي توقف وبفعالية عالية النزوفات الدموية. كما أنه يستعمل في العديد من الصناعات الدوائية.

الأكسجين Oxygenum

جزيء الأكسجين ثنائي الذرة دائماً «O_2». إلا أن هناك شكلاً تآصلياً allotropique آخر له هو غاز الأوزون Ozone «O_3» الأزرق اللون والسام الذي حصل على شهرة كبيرة في أيامنا هذه جراء حصول ما يدعى بظاهرة ثقوب الأوزون في الغلاف الجوي الخارجي للأرض.

اكتُشف الأكسجين في وقت واحد ومكانين مختلفين من قبل الباحث الإنكليزي بريستلي Priestley (١٧٣٣ ـ ١٨٠٤) والباحث السويدي شيلي Scheele (١٧٤٢ ـ ١٧٨٦) في العام ١٧٧٧. إلا أن هذين الباحثين رغم اكتشافهما لهذا الغاز «الناري» كما أسمياه، لم يثمنا جيداً المعنى العلمي لما فعلاه فاكتفيا بتعداد صفاته فقط. وبقي الأمر كذلك إلى أن فَسَّر لافوازييه Lavoisier عمليات التنفس والاحتراق على أنها تفاعل المواد مع الأكسجين. وهو ـ أي لافوازييه ـ الذي أعطى هذا العنصر اسمه المعروف اليوم الذي يعني باللاتينية «مولد الحموضة» على الرغم من عدم احتواء كل الحموض في بنيتها على الأكسجين.

الرمز	O
العدد الذري	٨
الكتلة الذرية	١٥،٩٩٩
حرارة الانصهار	٢١٨،٧
حرارة الغليان	١٨٢،٩

ـ التواجد في الطبيعة

الأكسجين أكثر العناصر تواجداً على سطح الأرض. وإذا كان الهيدروجين هو العنصر المُهيمن في الفضاء الخارجي، والآزوت في الغلاف الجوي، فإن الأكسجين هو العنصر الأول كماً في الطبقات الأرضية العليا بما في ذلك القشرة الخارجية. وهو يدخل في تركيب معظم الصخور والفلزات المعدنية. وبلغة الأرقام نجد أنه يشكل ٤٧٪ من مجمل كتلة القشرة الأرضية الصلبة وأكثر من ذلك في الغطاء المائي حيث تصل نسبته إلى ٨٦٪ من كتلة الغطاء المائي.

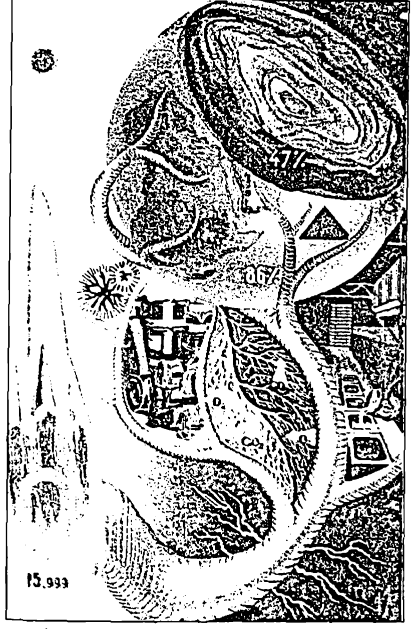
الأكسجين غاز فعال كيميائياً عديم اللون والرائحة. يقوم بالتفاعل مع كل العناصر

عدا الهليوم Hélium والنيون Néon والآرغون Argon. وتترافق التفاعلات التي يشارك بها دائماً ـ أو ما يُعرف بتفاعلات الأكسدة ـ بإطلاق كميات كبيرة من الحرارة وأحياناً الضوء.

الفوائد والاستخدامات

يتشكل الأكسجين الحر بالطبيعة بفضل عملية التركيب الضوئي Photosynthèse . وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية لأن أكسدة المواد الغذائية العضوية الموجودة في الغذاء هي الأساس الطاقي لكل العمليات الحياتية الأخرى. كما يدخل الاكسجين في تركيب الغالبية العظمى من المركبات العضوية واللاعضوية التي يكفي أن نذكر منها الماء والسكريات Glucides والدسم Matières grasses كي نتصور أهمية الأكسجين بالنسبة لكل أنواع الحياة.

في أيامنا هذه يتراكم غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الضار بشكل متعاظم، إلا أن مقدار تدخل الإنسان في هذه العملية ضئيل إذا ما قورن بالحوادث الطبيعية الجارية على سطح الارض. فثورة بركان واحد متوسط الحجم تؤدي إلى إطلاق غاز CO_2 بكميات تفوق كل ما تطرحه محطات الطاقة الحرارية في العالم لمدة سنتين. وعلى الرغم



الأكسجين. أكثر العناصر انتشارا على الأرض. فهو بشكله المرتبط يؤلف ٨٦ من كتلة الغطاء المائي الأرضي Hydrosphère (٨٦٪ من الكتلة) وحوالي نصف كتلة القشرة الأرضية lithosphère (٤٧٪ من الكتلة) أما في الجو Atmosphère حيث يتواجد بالشكل الحر فيمثل المرتبة الثانية بعد غاز الآزوت (٢١٪ من الكتلة).

يدخل هذا العنصر في بنية السيليكات Silicates والكوارتز أو المرو Quartz واكسيد الحديد والكربونات والكبريتات والكثير من الفلزات الأخرى. كما أنه يتواجد في الكائنات الحية بنسبة تصل حتى ٧٠٪. يتم الحفاظ على كمية الاكسجين الحر الموجود على الأرض بفضل الغطاء النباتي الأخضر سواء أكان هذا الغطاء على اليابسة أم في البحر. حيث تقوم هذه النباتات باطلاق الاكسجين نتيجة للتركيب الضوئي Photosynthèse. دور الأكسجين مهم للغاية في عمليات التنفس لدى كل الكائنات الحية. وله استخدامات أكثر من أن تعد وتحصى في مختلف فروع الصناعة.

بالإمكان استخلاص الأكسجين صناعياً من الهواء حيث يوجد مختلطاً وغير مرتبط مع غيره من الغازات، كما ويمكن تحضيره مخبرياً بواسطة التحليل الكهربائي للماء والمحاليل الأخرى مثل ماءات البوتاسيوم KOH وماءات الصوديوم NaOH. وهو يُستخدم لصناعة العديد من المركبات الكيميائية كحمض الكبريت مثلاً. ويصلح في حالته السائلة كوقود للمحركات الضخمة (يتحول الأكسجين إلى سائل أزرق اللون عند درجة حرارة (-١٩٣ مئوية) وتعتبر عملية الأكسدة أو الاحتراق للثروات المعدنية كالنفط والفحم مثلاً، أساساً لكل التقدم الذي أصاب البشرية حتى الآن.

الكبريت Sulfure

الرمز	S
العدد الذري	١٦
الكتلة الذرية	٣٢،٠٦
حرارة الانصهار	١١٢،٨
حرارة الغليان	٤٤٤،٦

تعرف الإنسان على الكبريت منذ قديم العصور واستخدمه مع ناتج احتراقه ثاني أكسيد الكبريت SO_2 لتبييض الأنسجة وتحضير المواد الدوائية والبارود. وقد استخرج الرومان القدماء هذا العنصر ذا اللون الأصفر والرائحة الواخزة من مكامنه الطبيعية الموجودة في صقلية Sicile.

يتعلق لون الكبريت بالنوع التآصلي allotropique والحرارة التي يتواجد بها. فإذا وجد الكبريت في جو من الهواء السائل تحول من اللون الأصفر مباشرة إلى اللون الأبيض.

لقد عُرفت طرق استخلاص الكبريت الحرارية من المكامن الكبريتية الطبيعية منذ قديم القرون. فالكبريت فلز سهل الانصهار، يتحول إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة ١١٢،٨ فقط فيما تبقى معظم الفلزات الأخرى المحيطة به عند هذه الدرجة بالحالة الصلبة. وهكذا يصبح بالإمكان سحبه وفصله عن بقية الفلزات. كما يستخرج الكبريت من أكسيده SO_2 وغاز كبريت الهيدروجين المتواجد مع الغاز الطبيعي.

الكبريت ـ لا معدن فعال كيميائياً يتفاعل مع الكثير من المعادن بدون تسخين كالنحاس

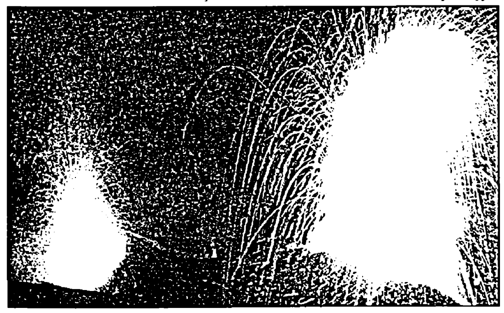
والفضة والزئبق. ومع بعض التسخين فقط، كالحديد والألمنيوم والرصاص.

وهو يعجز فقط عن التفاعل مع الذهب والبلاتين. كما أنه يتفاعل مع بعض الصعوبة مع اللامعادن الأخرى.

ـ استخدامات الكبريت

تقريباً نصف ما يُستخرج من الكبريت في العالم يذهب لتصنيع حمض الكبريت H_2SO_4 أهم مركبات الكبريت على الإطلاق. وحوالي ٢٥٪ من مجموع الكبريت يذهب لتصنيع هيدرو سولفات الكالسيوم $Ca(HSO_3)_2$ الضروري لتصنيع الورق. أما الكبريت الباقي

تتلخص طريقة المهندس الالماني Frash لاستخلاص الكبريت من مكامنه الطبيعية بايصال الماء الساخن الى الجيب الكبريتي لصهره ثم نقله سائلاً الى سطح الأرض. في حفرة البئر تدخل ثلاثة أنابيب الأول للماء الساخن الذي تتراوح حرارته ما بين (١٧٠ ـ ١٦٥ درجة مئوية) والثاني للهواء (ضخ) والثالث لنقل الكبريت السائل الى السطح. الهواء/ الماء/ الكبريت/ الجيب الكبريتي.



ينطلق غاز أكسيد الكبريت SO_2 والكبريت الهيدروجيني H_2S مع الغازات المنطلقة أثناء الثورات البركانية.

فيدخل في تصنيع المطاط والكوتشوك المُفَلْكَنْ (الناري) وأعواد الثقاب والبلاستيك وبعض الأدوية. كما أنه يدخل في بنية العديد من المواد الحيوية الهامة كالبروتينات Protéines والحموض النووية Acides nucléiques والفيتامينات Vitamines والأنظيمات Enzymes.

لا يجب أن ننسى أن بعض مركبات عنصر الكبريت تسمم الجو بشدة كغاز أكسيد الكبريت مثلاً. كما أن الكبريت إذا تواجد في وقود السيارات فسوف يؤدي حتماً إلى إحداث أضرار صحية جدية. لذا تُضاف دائماً إلى محطات تكرير النفط أقسام خاصة لتخليص النفط ومشتقاته من الكبريت، تدعى بأقسام نزع الكبريت Désulfuration.



لغاز أكسيد الكبريت آثار مُضرة بالبيئة. ومنها أنه يتحول في الجو الى حمض كبريت الهيدروجين الضعيف الذي ينحل في ماء المطر ويؤدي لدى سقوطه أرضاً الى رفع درجة حموضة التربة (تعرف هذه الأمطار بالأمطار الحامضية) وجعلها وسطاً غير مناسب لنمو الغطاء النباتي (حرق المزروعات والأشجار).

الآزوت Nitrogenium

لقد كان العالم الفرنسي لافوازييه Lavoisier أول من أطلق اسم الآزوت Azote على هذا العنصر في نهاية القرن الثامن عشر. هذا الاسم الذي يعني باللغة اللاتينية «الذي لا حياة فيه» حيث الحرف A يعني النفي وZOË تعني الحياة. وهو المعنى الدقيق الذي قصده لافوازييه والذي كان متعارفاً عليه لدى معاصريه أيضاً.

الرمز	N
العدد الذري	٧
الكتلة الذرية	١٤.٠٠٦٧
حرارة الانصهار	٢١٠
حرارة الغليان	١٩٦

للوهلة الأولى يبدو هذا الاسم معبراً فعلاً عن صفات هذا الغاز، ولكن هل هذه هي الحقيقة؟... في واقع الأمر، إن الآزوت وعلى العكس من الأكسجين لا يحافظ على التنفس والاحتراق. إلا أن تنشق الأكسجين النقي بشكل مستمرٍ من قبل الإنسان غير ممكن أيضاً، وحتى المرضى المحتاجون للأكسجين يُعطَونَه لفترة محدودة فقط. من هنا نجد أن مزيج الآزوت مع الأكسجين هو المزيج المثالي لتنفس الغالبية العظمى من سكان الكرة الأرضية.

إذاً، لقد ظلم لافوازييه Lavoisier هذا الغاز بإطلاق اسم «ما لا حياة فيه» عليه. خاصة وأن الآزوت هو غذاء النباتات الرئيسي (مع مركبات الفوسفور والبوتاسيوم) الذي نعطيها إياه على شكل أسمدة. وهو العنصر الذي يدخل في تركيب أعداد هائلة جداً من المواد العضوية الهامة جداً للحياة كالبروتينات والحموض النووية.

ويبدو أن الخمول النسبي لهذا الغاز مفيد جداً للبشرية. فإذا كان الآزوت أكثر فعالية بقليل لتغير شكل الغطاء الجوي الأرضي ولتفاعل أكسجين الهواء مع الآزوت وتشكلت الأكاسيد السامة. وإذا كان الآزوت خاملاً تماماً كالهليوم Hélium أو النيون Néon مثلاً، لما استطاعت المصانع الكيميائية ولا العضويات الدقيقة Microorganismes المثبتة للآزوت الجوي في التربة من القيام بعملها هذا وإعطاء هذا العنصر للكائنات الحية المحتاجة له. ولما وجد حمض الآزوت والنشادر الضروريان للغاية لتصنيع المئات من المواد



الآزوت غاز عديم الطعم والرائحة وواحد من أوسع العناصر انتشاراً. فهو يشكل الجزء الأعظم من الغطاء الجوي للأرض (حوالي ٤ × ١٠^٥ طن).

الهامة للإنسان. باختصار لو لم يكن الأمر كذلك لما كانت هناك حياة على سطح الأرض.



في العام ١٩٥٨. حصل أكبر انفجار كيميائي عرفته البشرية. فقد تم تفجير ١٣٧٥ طن من مادة النيترات Nitrates الحساسة لتدمير احدى القمم الجبلية تحت المائية التي كانت تشكل خطراً مستمراً على الملاحة في Seymour Narrows (كندا). وأدت القوة الهائلة الكامنة في عنصر الآزوت الى تفتيت ٦٤٠٠٠٠ طن من الصخور بضربة واحدة.

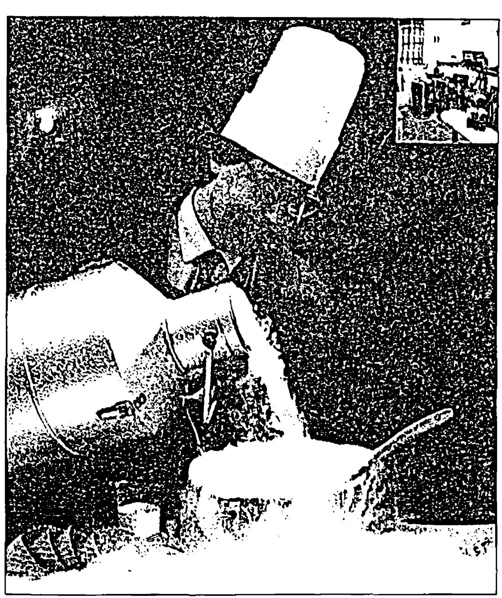


يُشكل الآزوت احدى اللبنات الكيميائية الهامة في جزيئات DNA وRNA العملاقة. هذه الجزيئات التي تنقل المعلومات الوراثية من جيل لآخر في كل الكائنات الحية المعروفة.

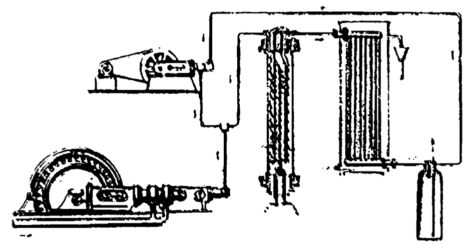
- الفوائد والاستخدامات

لمركبات الآزوت أهمية كبيرة جداً للعالم وللعديد من فروع الصناعة. وللحصول على هذه المركبات يُنفق الإنسان سنوياً مصادر طاقية ضخمة للغاية. والنشادر واحد من أهم منتجات الصناعة الكيميائية في العالم. يُنتج منه سنوياً حوالي ٧٠ مليون طن. وهو يُستخدم على شكل محاليل (ماء النشادر، سائل مخصب للنباتات والكحول النشادر في الطب). كما يستخدم حمض الآزوت HNO_3 صناعياً بشكل واسع للغاية، كونه يحل كل المعادن عدا الذهب والبلاتين وبواسطته يمكن إدخال جذور NO_2 في بنية العديد من المركبات العضوية التي تتحول إذا ما حدث ذلك إلى مواد شديدة الانفجار.

وحتى الغليسيرين Glycérine هذه المادة المسالة المستخدمة في مجال الحفاظ على الأيدي الناعمة والبشرة الحساسة تتحول إلى مـادة النـيتروغـليسيريـن Nitroglycérine شـديـدة الحـساسـية والانفجار.



تحضر البوظة الفورية اليوم (الآيس كريم) بتبخير الأزوت السائل (يصبح سائلا تحت درجة حرارة ـ ١٩٦). كما يستعمل الأزوت السائل لحفظ السائل المنوي البشري (أعلى ويمين الصورة) في بنوك السائل المنوي les banques du sperme استعداداً لاستخدامها لاحقاً في القاح البيوض الناضجة.



يتم تصنيع النشادر Ammonia في أسطوانات ضخمة، يتم ضخ مزيج الآزوت والاكسجين اليها بواسطة مضخة ليتم التفاعل تحت ٣٠ ضغط جوي وحرارة حوالي ٥٠٠ درجة مئوية بوجود مادة محفزة Catalyseur ثم يتحول النشادر المتشكل بالبراد الى سائل (تكاثف) وينفصل عن الاجهزة. تعود الغازات التي لم تتفاعل بواسطة مضخة جانبية الى الأسطوانات مرة أخرى.

الفوسفور Phosphorus

اكتشف الفوسفور في عام ١٦٦٩ من قبل الباحث الألماني هينغ براند Hennig Brand الذي لاحظ أثناء تقطيره لليود بقاء مادة مضيئة ذات لون أخضر باهت في الحوجلة المخبرية، مما دفعه في بادئ الأمر إلى الاعتقاد بأنه اكتشف حجر الفلاسفة الذي حَيَّر عقول الباحثين في مجال الكيمياء منذ أقدم العصور، والذي كانوا يعتقدون أنه يتألف من مادة مضيئة متألقة. وبطبيعة الحال لم يعطِ الفوسفور المُكتَشَف الخلود للباحث هينغ براند ولم يحول النحاس إلى ذهب

الرمز	P
العدد الذري	١٥
الكتلة الذرية	٣٠،٩٧٣
حرارة الانصهار	٤٤،٢ (للفوسفور الأبيض)
حرارة الغليان	٢٥٧

لكنه كشف فيما بعد عن مكنونات أسراره وأهميته الفائقة في كل مجالات الحياة.

التواجد في الطبيعة

يوجد الفوسفور في كل الكائنات الحية في العظام والعضلات والدماغ والأعصاب. ويحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالى ٤،٥ كغ من هذا العنصر الذي ترتبط به كل العمليات الفيزيولوجية الهامة تقريباً. يؤلف الفوسفور حوالى ٠،٠٩٣٪ من كتلة القشرة الخارجية للكرة الأرضية. ويتواجد بشكل رئيسي في فلز الفوسفوريت Phosphorite $Ca_3(PO_4)_2$ وفلور الأباتيت fluoro-apatite $3Ca_3(PO_4)_2\,CaF_2$.

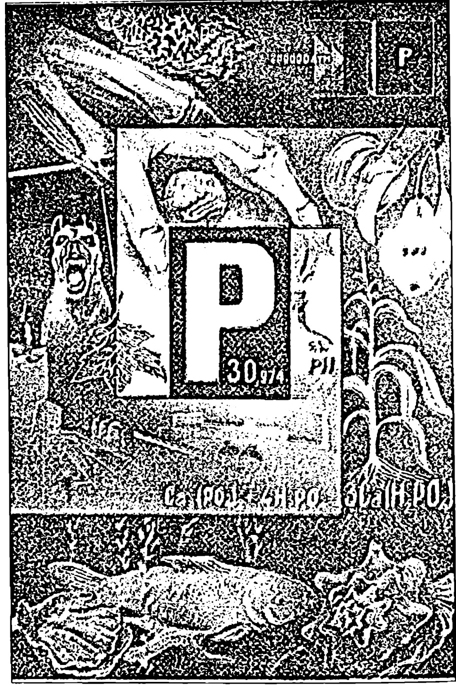
في الطبيعة هناك نظير واحد فقط للفوسفور هو الفوسفور ٣١. إلا أنه في أيامنا هذه تم الحصول على ستة نظائر مشعة لهذا العنصر. يستخدم بعضها كمواد واسمة في الأبحاث الحيوية.

للفوسفور عدة أشكال تآصلية allotropiques. فهناك الفوسفور الأبيض



يدخل الفوسفور كمادة بنائية رئيسية في بناء الصبغيات Chromosomes والمسؤولة عن الحفاظ عليها. وانتساخ Réplication المعلومات الوراثية في كل الكائنات الحية.

الى اليسار جزيء DNA عملاق والى اليمين صيغة كيميائية تبين موقع الفوسفور الهام (اللون البني) في هذه المادة الوراثية.



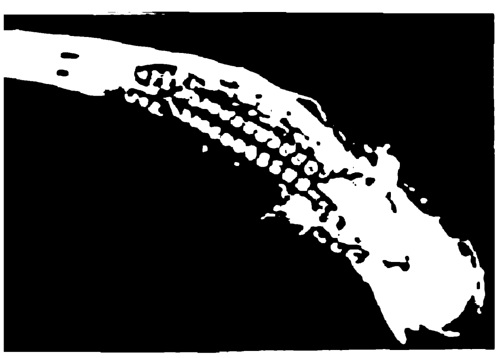
يحتوي جسم الانسان على حوالي ٤.٥ كغ من الفوسفور على شكل مركبات الكلسيومية منها ٤.٤ كغ في العظام وحوالي ١٣٠ غ في العضلات و١٢ غ في الأعصاب والدماغ. يترافق التأكسد البطيء للفوسفور الأبيض مع اصدار ضوء خفيف مخضر وهو قد يحترق اذا وضع مباشرة في الهواء الطلق

والفوسفور الأحمر والبني والأسود والبنفسجي.

الفوسفور الأبيض مادة فعالة كيميائياً وسامة للغاية، يؤدي لمسها إلى إحداث حروق شديدة للغاية. وهو يتحد مع العديد من المعادن والأكسجين والهالوجينات والكبريت. أما الفوسفور الأحمر الذي يتشكل جراء تسخين الفوسفور الأبيض بمعزل عن الهواء فهو أقل فعالية. والأسود يدخل بصعوبة بالغة في التفاعلات الكيميائية.

الفوائد والاستخدامات

استخدامات الفوسفور واسعة ومتنوعة للغاية. فأعواد الثقاب تُصنع من الفوسفور الأحمر. ومركبات الفوسفور تدخل بكميات كبيرة للغاية في صناعة الأسمدة المعدنية الضرورية لمحاصيل الحبوب والأشجار المثمرة. وهو لهذا السبب يُستخرج في العالم بكميات هائلة تصل حتى حوالى ١٠٠ مليون طن في العام الواحد. ولقد كان أول سماد معدني عرفته البشرية يتألف من مادة السوبرفوسفات



ليست هذه الصورة لوحش فضائي أي رهيب. بل لأحد القشريات البحرية المسمى **Valenciennelus**، القادرة على اصدار الضوء خلال فترة نشاطها الجنسي. والعامل الأول المساهم في عملية اصدار الضوء هذه هو عنصر الفوسفور الغني بالطاقة (ATP، أو الأدينوزين ثلاثي الفوسفات)

Superphosphate الشهيرة التي تتركب من الفوسفات اللامائية وكبريتات الكالسيوم

$Ca(H_2PO_4)_2 . 2CaSO_4$.

الفوسفور الأبيض ومركباته مواد سامة

من استخدامات الفوسفور المخيفة ـ أنه يدخل في تركيب السموم الكيميائية المعروفة تحت اسم «غازات الاعصاب» التي تقتل من خلال ايقاف السيالات العصبية influx nerveux. ومن هذه الغازات التابون Tabun والسارين Sarin والسومان Soman. ويتركب السارين مثلا من مركبات عضوية فلوروفوسفاتية.

للغاية. لذلك نراه يُحفظ في المخابر عادة تحت الماء أو في أوعية مغلقة بإحكام. ولدى العمل مع الفوسفور، يُنصح دائماً بمراعاة قواعد السلامة المخبرية بدقة شديدة. ومن الأمثلة المأساوية الشهيرة التي تدل على خطورة هذا العنصر، أن الفرنسي شارل سوريا Charles Sauria عندما اكتشف أعواد الثقاب لم يتنبه إلى سمية الفوسفور العالية وكانت النتيجة أن آلافاً من البشر العاملين في معامل أعواد الثقاب قضوا نحبهم أو أصيبوا بعجزٍ دائم جراء تسرب الفوسفور إلى أجسامهم.

الكربون Carboneum

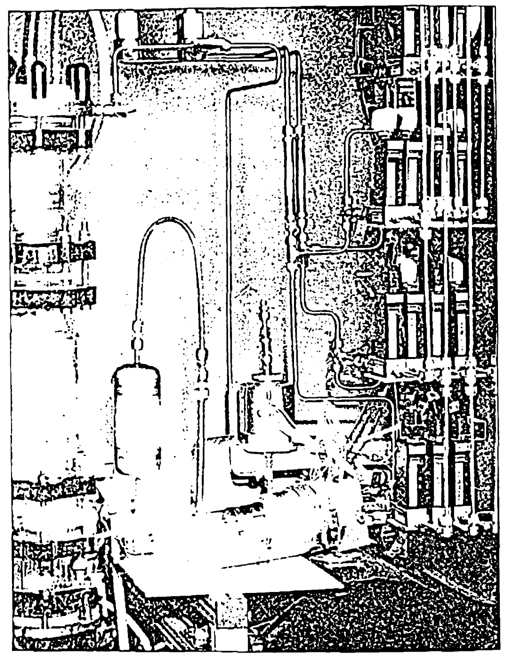
تعود علاقة الإنسان مع هذا العنصر الهام إلى عصور مُغرقة في القدم. وليس من المعروف اسم أول من اكتشف الكربون. وأي شكل منه، الألماس Diamond أم الغرافيت Graphite كان المكتشف أولاً. إلا أنه من الثابت أن الانسان انتظر إلى نهاية القرن الثامن عشر حتى اعترف بالكربون كعنصر كيميائي مستقل بذاته.

الرمز	C
العدد الذري	٦
الكتلة الذرية	١٢.٠١١
حرارة الانصهار	٣٧٥٠ (تحت ضغط عالٍ)
حرارة الغليان	

ـ التواجد في الطبيعة

يشكل الكربون حوالي ٠.٠٢٣٪ من الكتلة الإجمالية للكرة الأرضية. وهو العنصر الأول من حيث الأهمية في أجسام كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية وكل المحروقات من النفط إلى الغاز إلى الخث Peat والخشب. ويعتبر الفحم الحجري أغنى أنواع هذه المركبات بعنصر الكربون. كما أن العديد من الفلزات تحتوي عليه. ومنها أحجار الجير limestone $CaCO_3$ والدولوميت Dolomite $Ca\,Mg\,(CO_3)_2$.

إن الكربون من أكثر العناصر أهميةً بالنسبة للحياة على سطح الأرض. لماذا؟ فلنستمع إلى العالم الروسي مندلييف Mendeleiev ولنرَ ماذا يقول بخصوص ذلك في كتابه «أسس الكيمياء».

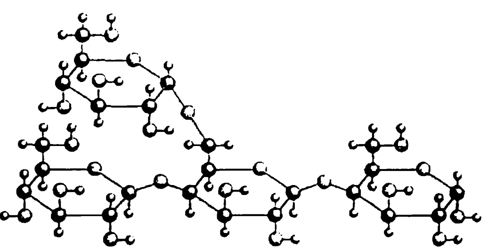


حتى الآن كان البنزين هو الوقود الأساسي للسيارات. الا أنه حاليا، وبهدف حماية البيئة تجري بالتعاون مع شركات بيجو - سيتروين Peugeot - Citroën ورينو Renault، محاولات جاهدة لتطوير استخدام الغاز الطبيعي (GNV) كوقود للسيارات. والغاز الطبيعي كالبنزين تماما، أحد مركبات الكربون الطبيعية الهامة. في الصورة - مفاعل اختبار الغازات المنطلقة من عادم السيارات التي تعمل على الغاز الطبيعي.

«يُصادف الكربون في الطبيعة بالشكل الحر والمرتبط معاً وبعدد كبير من الأشكال والأنواع... وتظهر مقدرة ذرات الكربون على الارتباط مع بعضها وإعطاء المركبات المعقدة جلية من خلال كل المركبات المعروفة لهذا العنصر... لا يفوق الكربون أي من العناصر الأخرى في عملية الكوثرة والتعقيد... Polymérisation يُعطي زوج العناصر المؤلف من الكربون والهيدروجين عدداً هائلاً للغاية من المركبات، لا يفوقه مركبات أي زوج آخر من العناصر الكيميائية».

وفي الواقع، تستطيع ذرات الكربون أن ترتبط مع بعضها ومع ذرات العناصر الأخرى بطرق وأشكال مختلفة، معطية بذلك عدداً يفوق الوصف من المواد المختلفة.

في الجو المحيط بالكرة الأرضية هناك حوالى ٢،٣ × ١٠^١٢ طن من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، الناتج الرئيسي لعمليات الاحتراق المختلفة وتنفس الكائنات الحية. والذي يُعتبر المصدر الرئيسي للكربون بالنسبة للنباتات. أما غاز أول أكسيد الكربون فهو يتشكل عند الاحتراق غير



الكربون ـ سيد الكيمياء العضوية دون منازع، فهو يستطيع أن يُعطي تنوعاً هائلاً من المركبات مع الهيدروجين والأكسجين والآزوت. العناصر الأكثر أهمية في أجسام كل الكائنات الحية.
يظهر في الشكل مركب رباعي الغلوكوز Glucose الذي يوضح مقدرة الكربون على الارتباط مع بقية العناصر الحيوية الهامة.

هيدروجين	أزوت	اكسيجين	كربون

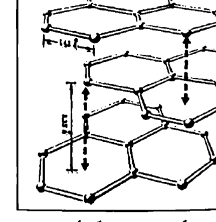
الكامل للوقود وغاز عوادم السيارات. وهو سام كونه ينافس الأكسجين على الارتباط مع خضاب الدم Haémoglobine مما يؤدي إلى الاختناق في حال استنشاقه بكميات كبيرة.

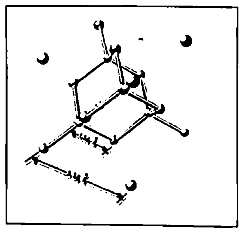
ـ الاشكال التآصلية للكربون

هناك ثلاثة أشكال تآصلية allotropiques للكربون. الأول هو الألماس Diamond ذو البنية الفراغية المجسمة الضخمة، والثاني هو الغرافيت Graphite ذو البنية الفراغية المسطحة. أما الثالث فهو الكربين Carbine الذي يتواجد على شكلين مختلفين من حيث نوع وتسلسل الروابط بين ذرات الكربون.

الألماس: الشكل المتبلور من الكربون، فلز نادر يفوق في قساوته كل الفلزات الطبيعية والصنعية المعروفة عدا نتريد البور. وغني عن القول أن بلورات الألماس تُستعمل في صناعة الحلي والجوهرات.

في نهاية القرن السابع عشر، حاول بعض الصياغ صهر القطع الصغيرة من الألماس بهدف تحويلها إلى قطعة ألماس واحدة. فما كان منهم إلا أن حرقوها بأشعة الشمس تحت عدسة زجاجية وكانت النتيجة أن اختفت قطع الألماس تماماً. وبعد هذه الحادثة بحوالى ١٠٠ عام، قام العالم لافوازييه Lavoisier بنفس التجربة في عام ١٧٢٢. وقال إن هذا العنصر النادر يحترق تماماً كما يحترق الفحم والفوسفور. وبقي تصنيع الألماس مستعصياً على الباحثين حتى العام ١٩٣٩ عندما قام الباحث السوفييتي ليبونسكي Leipounsky

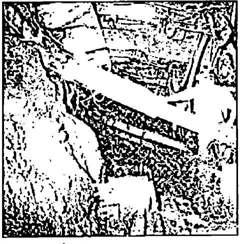




تنتظم ذرات الكربون اما على شكل ألماس Diamond (على اليمين) أو على شكل غرافيت Graphite (على اليسار).

بحساب الشروط التي يتحول الغرافيت تحتها إلى ألماس (ضغط ٦٠٠٠٠ جوي وحرارة ١٦٠٠ ـ ٢٠٠٠ درجة مئوية). وفي الخمسينات من هذا القرن، في عدة دول من العالم وبنفس الوقت تقريباً، تم الحصول على الألماس. ويستطيع معمل واحد في أيامنا هذه إنتاج حوالي ٢٠٠٠ قيراط من الألماس في اليوم الواحد (القيراط يساوي ٠.٢ غرام). من استخدامات الألماس المهمة، وضعه في رؤوس الحفارات العملاقة وأدوات الجلخ والقطع.

في الغرافيت Graphite، تتوضع ذرات الكربون في مستويات فراغية مختلفة، وترتبط



مناجم الفحم ـ في الصورة تظهر الآلات الحديثة التي أصبحت تستخدم لاستخراج الفحم على مستويين مختلفين بالارتفاع في وقت واحد.



الألماس والغرافيت. أين الثرى من الثريا!.

ذرات الكربون الموجودة في مستوى واحد مع بعضها بقوة كبيرة، بينما ترتبط الذرات الموجودة في المستوى الذي تحتها أو فوقها بشكل ضعيف للغاية وتبتعد عنها بـ ٢.٥ مرة أكبر من المسافة التي بين الذرات الموجودة في مستوى واحد. وهكذا يكفي تطبيق قوة صغيرة نسبياً لفصل طبقات بلورة الغرافيت عن بعضها وتحويلها إلى حراشف رقيقة. وهنا يكمن السبب في ترك أقلام الرصاص لآثارها على الورق. بينما لفصل ذرات الكربون الموجودة في مستوى واحد يلزم تطبيق قوة أكبر بكثير من القوة سالفة الذكر.

لا يتأثر الغرافيت بالحموض والقلويات حتى لو كانت ساخنة ومركزة. والقلوي

الوحيد الذي يشذ عن ذلك هو حمض الآزوت. وهو يتحمل درجات الحرارة العالية حتى حدود ٣٧٠٠ درجة مئوية. كما أن صفات نقل الكهرباء لديه أدت إلى استخدامه في مجالات التقنيات الكهربائية وتصنيع البارود والصناعات الذرية.

إن دور الكربون في حياة الإنسان هام للغاية ويفوق التصور. فالكربون ومركباته موجود في كل مكان، في الهواء والأرض وداخل النباتات والحيوانات وحتى في الملابس التي نرتديها والطعام الذي نتناوله.



دورة الكربون في الطبيعة.
من الهواء الى النبات فالحيوان ثم الى الأرض مرة أخرى.

السيليسيوم Silicium

اكتُشف السيليسيوم لأول مرة، كعنصر كيميائي مستقل بذاته في العام ١٨٢٥ من قبل العالم السويدي برزيليوس Berzelius (١٧٧٩ ـ ١٨٤٨). وكان غي ـ لوساك الفرنسي قد سبقه إلى ذلك بحوالى ١٢ عاماً. إلا أنه حصل على السيليسيوم بشكل غير نقي.

الرمز	Si
العدد الذري	١٤
الكتلة الذرية	٢٨،٠٨٦
حرارة الانصهار	١٤١٧
حرارة الغليان	٢٦٠٠

ـ التواجد في الطبيعة

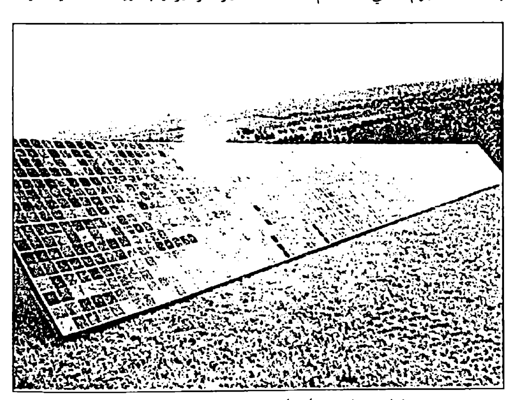
السيليسيوم ثاني عنصر من حيث الانتشار في الطبيعة بعد الأكسجين (يشكل حوالى ٢٩،٥٪ من كتلة القشرة الأرضية). وأحد أهم العناصر في الطبيعة غير الحية. حيث تشكل مركباته المسماة سيليكات Silicates

والألمينوسيليكات alumino Silicates حوالى ٧٥٪ من كتلة القشرة الأرضية. وهي دائماً تحتوي عنصر الأكسجين وأكسيد السيليسيوم. فعالية السيليسيوم الكيميائية ضعيفة للغاية. ففي درجة حرارة الغرفة يتفاعل مع الفلور فقط، ولدى تسخينه يتفاعل مع الأكسجين والهالوجينات والكبريت.

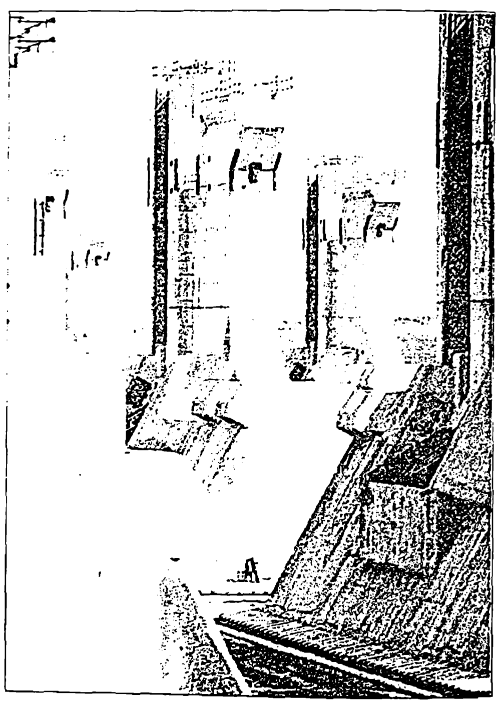
تجمع ذرة سيليسيوم واحدة مع ذرتين من الاكسجين لتشكل جزيء السيليس SiO_2.

الفوائد والاستخدامات

إن السيليسيوم النقي أحد أهم أنصاف النواقل في العالم. وهو موجود دائماً في أجهزة الراديو والبطاريات الشمسية. حيث

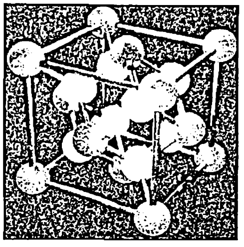


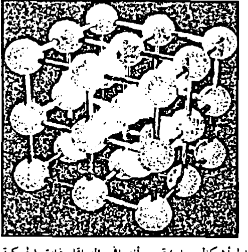
البطاريات الشمسية أحد أهم استخدامات السيليسيوم في العالم.



لولا الرمل (أكسيد السيليسيوم) الذي نظنه شيئاً قليل الأهمية، لما استطاع الانسان انشاء المباني البيتونية والخرسانية الضخمة.

(البيتون beton- مادة بناء تحضّر بخلط الأسمنت مع الرمل والماء والحصى).





يمكن التحكم بارتباط الحديد مع السيليسيوم لاستنباط أشكال جديدة من أنصاف النواقل ذات الحركية العالية، الهامة في مجال الصناعة الالكترونية (السيليسيوم بالأصفر والحديد بالأحمر).

تستطيع هذه البطاريات السيليسية تحويل حتى ١٥٪ من الطاقة الشمسية التي تسقط عليها إلى طاقة كهربائية. ومن هنا، نجد في المركبات الفضائية والمركبات التي تسير على سطح القمر والأقمار الصناعية بلورات السيليسيوم متحدة مع بعضها على شكل ما يعرف باسم البطاريات الشمسية.

من أكسيد السيليسيوم (الرمل النقي) يتم إنتاج الزجاج الكوارتزي للأجهزة البصرية فائقة الحساسية وتحضير الأوعية المخبرية المقاومة للحرارة وأجهزة الإنارة. كما تُعرف بلورات السيليسيوم كبيرة الحجم باسم الكريستال الجبلي، الذي نظراً لأهميته أُنشئت مصانع خاصة لإنتاجه وتحضيره للاستخدام في مختلف مجالات الصناعة. أما الميكا فهي عبارة عن سيليكات تحوي عناصر الألمنيوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم وهي تستعمل كعازل isolateur ممتاز للكهرباء. من مركبات السيليسيوم الهامة الأخرى، نذكر كربيد السيليسيوم SiC. المادة البلورية فائقة القساوة والمقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة جداً، التي منها تُصنع قطّاعات المعادن الثقيلة. وسبيكة السيليسيوم مع الحديد المعروفة باسم فيروسيليس Ferrosilice.

الفصل الثاني

المعادن

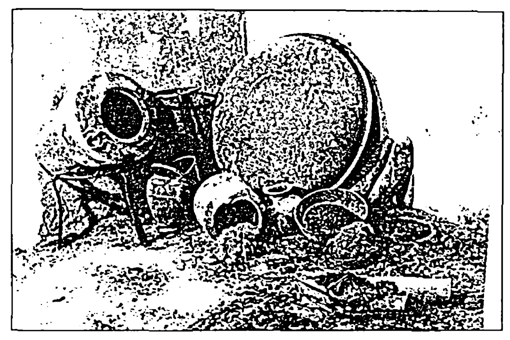
القصدير Stannum

القصدير واحد من السبعة معادن الأكثر شهرة وإغراقاً في القدم. وسبيكة هذا المعدن مع النحاس أو ما يعرف باسم البرونز BRONZE استُخدِمَت لأول مرة منذ ما يزيد عن ٤٠٠٠ عاماً وبقيت تُستخدم حتى أيامنا هذه. لقد لعب القصدير دوراً هاماً في تطور البشرية، وما اسم العصر البرونزي الذي يدل على الفترة الواقعة ما بين ٣٠٠٠ و١٠٠٠ عام قبل الميلاد، إلا دليل واضح على أهمية هذا العنصر في التاريخ.

الرمز	Sn
العدد الذري	٥٠
الكتلة الذرية	١١٨،٧٠
حرارة الانصهار	٢٣١،٩
حرارة الغليان	٢٦٢٠

- التواجد في الطبيعة

القصدير عنصر متوسط الانتشار في الطبيعة، يوجد ضمن تركيب حوالى ٢٤ فلز أهمها على الاطلاق فلز الكاسيتريت Cassitérite ذو الصيغة SnO_2. وهو معدن مرن لدن للغاية أبيض اللون ذو بريق فضي. وله مظهران خارجيان يختلفان عن



صورة غرفة مدفن فيليب الثاني Philippe II والد الاسكندر المكدوني. وفيها تظهر كمية كبيرة من أوعية البرونز ذات الاستخدامات المختلفة.

بعضهما بصفة هامة للغاية هي صفة المتانة والتراص. فالقصدير الأبيض عادة (الشكل بيتا ـ B) متين ومتراص يتواجد في درجات الحرارة ما فوق ١٤ مئوية، أما دون ذلك فهو يتحول ببطء إلى النوع الرمادي (الشكل ألفا ـ α) قليل التماسك الذي يتحول بسرعة رهيبة إلى رماد حوالى الدرجة ٣٠ مئوية. ولقد دُعيت هذه الظاهرة في السابق باسم «طاعون القصدير» لما أدت إليه في السابق من حوادث مأساوية كان منها على سبيل المثال مصرع حملة سكوت Scotte الشهيرة إلى القطب الجنوبي في العام ١٩١٢ بسبب نفاذ الوقود نظراً لتحول صفائح المحروقات القصديرية إلى القصدير الرمادي الهش مما أدى إلى تسرب محتوياتها بسرعة أثناء عودة الحملة.

لقد تم التغلب على هذه الظاهرة اليوم عن طريق مزج القصدير مع عنصر البيزموت Bismuth والرصاص والأنتيمون Antimoin.

ـ الصفات الكيميائية والاستخدامات

إن مقاومة القصدير للمواد الكيميائية

المخرشة كالحموض والأسس عالية. وهو لا يتأكسد بالهواء إذ تحمي طبقة أكسيد القصدير الرقيقة SnO_2 ما داخل المعدن من استمرار التآكل.

لقد استفادت الصناعات الغذائية من صفة مقاومة القصدير وأكسيده SnO_2 للحموض العضوية والغذائية والأملاح التي تشكلها، فاستخدمت هذه المواد وبكثرة في صناعة المعلبات لدرجة أن القصدير دُعي لفترة من الفترات بمعدن المعلبات.

إلا أن استعمال القصدير في صناعة صفائح المعلبات وطلائها لا يُقارن من حيث الحجم مع استعماله في عمليات لحام المعادن وتصنيع السبائك المعدنية المختلفة.



بقيت لعب الأطفال ولفترة طويلة تصنع من القصدير (جنود القصدير) كما أن هذا المعدن ما زال يستعمل حتى الآن بهدف تبييض «الأواني المطبخية».

Plumbu

الرمز	Pb
العدد الذري	٨٢
الكتلة الذرية	٢٠٧.١٩
حرارة الانصهار	٣٢٧.٤
حرارة الغليان	١٧٢٥



لقد سكنت علبة الطعام هذه في الأرض ٨٠ عاماً تماما ففي العام ١٩٠٠ كان هناك حملة روسية الى القطب الشمالي وقد أقامت هذه الحملة مخزنها الغذائي في شـ جزيرة تايمر Taimyr في سيبريا. ولم تستخدمها نظر للبرد الشديد. وفي العام ١٩٨٠ وجدت هذه العلب صدفة من قبل حملة أخرى. وتبين أنها كانت بحال جيدة وأن الطعام فيها كان قابلاً للأكل. الى يمين العلب فلز الكاسيتيريت Cassitérite ذو الصيغة SnO_2

يستخدم العديد من الحكومات سبيكة البرونز لصنع وسك عملاتها المعدنية.

فلز الغالينا Galéna ذو الصيغة PbS الهش الذي يتميز ببريق معدني مزرق.

الرصاص النقي لدن تماماً يمكن قطعه بالسكين وخدشه بالأظافر. وتكون المصنوعات الرصاصية كالحة اللون بسبب تشكل أكاسيد الرصاص PbO على سطحها الأمر الذي يحمي داخل المعدن من التأكسد والتآكل.

ـ الصفات الكيميائية والفوائد

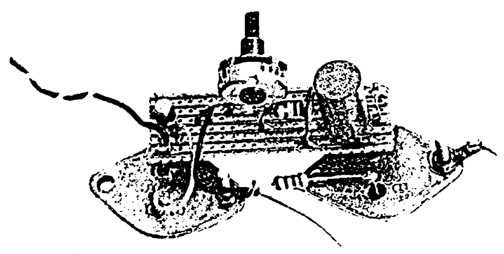
لا يتأثر الرصاص بالحموض الممددة بل بالحموض الكثيفة الساخنة فقط وهو سهل الانصهار والتصنيع. يُستخدم بكثرة في صناعة المكثفات الكهربائية الرصاصية وتغطية الكابلات الكهربائية وطلي داخل الأجهزة المختلفة. كما أن الرصاص يمتص



فلز الغالينا Galena أو كبريت الرصاص الأزرق.

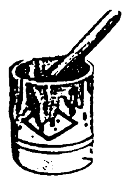
الأشعة السينية Rayons X والإشعاعات الذرية. لذا، فهو يستعمل كدروع واقية من هذه الأشعة. ويُستعمل رباعي إيتيل الرصاص $Pb(C_2H_5)_4$ كمادة مضادة للانفجار في وقود المحركات علماً بأنه سامٌ للغاية.

إن مركبات الرصاص كسواها من مركبات المعادن الثقيلة سامة للغاية. لكن بعضها يُستخدم كدواء بجرعات صغيرة طبعاً.

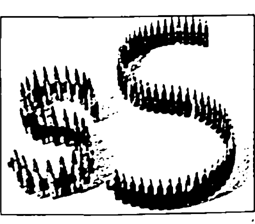


من استعمالات الرصاص المختلفة والمتعددة أنه يدخل في صناعة الأجهزة الالكترونية وتغطية أسلاك ايصال الطاقة الكهربائية.



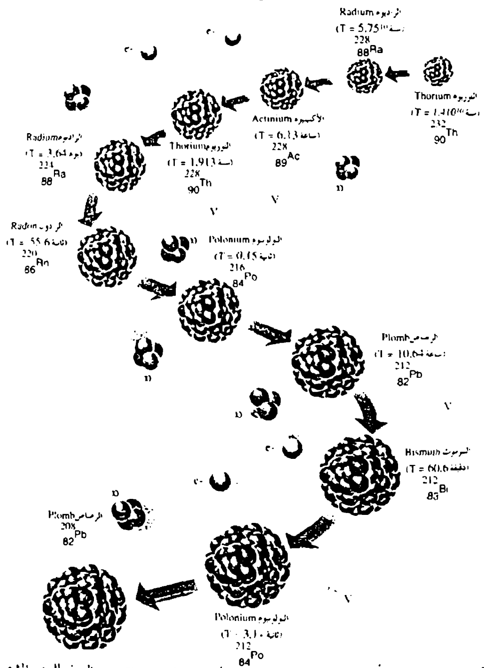


يُستعمل الرصاص في صناعة أحرف الطباعة وتركيب العديد من الدهانات. حيث يعتبر أكسيد الرصاص Pb_3O_4 واحد من أهم الدهانات الحمراء وصناعة أنابيب الألوان الزيتية وغيرها.



يُستعمل الرصاص في صناعة القذائف النارية. كما تعتبر مادة أزيد الرصاص $Pb(N_3)_2$ إحدى المواد المستخدمة كصواعق للمواد المتفجرة

وبعض السم دواء. ولنتذكر مثلاً الغسول الخارجية الرصاصية المستخدمة أثناء الرضوض واللصاقات الرصاصية التي يضعها الأطباء والتي يدخل في تركيبها أكسيد الرصاص كمادة معقمة Antiseptique.



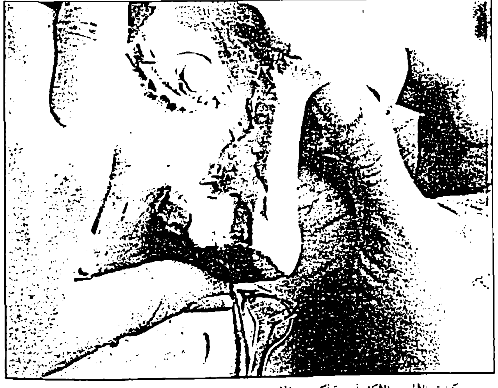
تنتهي مجموعات العناصر المشعة بالنظائر المستقرة للرصاص بعد أن تتم دورة حياتها. (T - عمر النصف للعنصر المشع

الألمنيوم Aluminium

في القشرة الأرضية هناك ٨.٨٠٪ من الألمنيوم. العنصر الثالث من حيث الانتشار بعد الأكسجين والسيليسيوم. والذي يدخل في تركيب الصلصال والغضار والميكا. أما الفلز الأكثر أهمية الذي يحتوي عليه فهو البوكسيت $Al_2O_3 . nH_2O$ الذي يحتوي حوالي ربع وزنه من الألمنيوم النقي.

الألمنيوم أكثر المعادن انتشاراً في الطبيعة.

الألمنيوم	Aluminium
الرمز	Al
العدد الذري	١٣
الكتلة الذرية	٢٦.٩٨١
حرارة الانصهار	٦٦٠
حرارة الغليان	٢٥٠٠



من مركبات الألمنيوم الأكثر أهمية أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 الذي يدخل في تركيب الغضار (الصلصال).

اكتُشف بشكله النقي لأول مرة عام ١٨٢٠ على يد العالم الدنماركي أرستد Orested. وفي العام ١٨٥٤ ابتكر الباحث الفرنسي سانت كلير دوفيل Sainte-Claire Deville (١٨١٨ ـ ١٨٨١) طريقة للحصول على الألنيوم النقي بواسطة التحليل الكهربائي للمحاليل المائية التي تحتوي عليه.

ـ الصفات الفيزيائية والكيميائية

الألنيوم معدن خفيف (٢,٧ غرام/سم٣) ذو بريق فضي جميل. جيد الناقلية للحرارة والكهرباء. وهو فعّال كيميائياً، يتأكسد بسهولة بالأكسجين على السطح الخارجي فقط لأن أكسيد الألنيوم Al_2O_3 يحمي وبفعالية عالية المعدن الذي يقع تحته. ينحل الألنيوم في حمض كلور الماء وحمض الكبريت المخفف والمحاليل القلوية المائية ويتفاعل في درجة حرارة الغرفة مع الهالوجينات كلها.

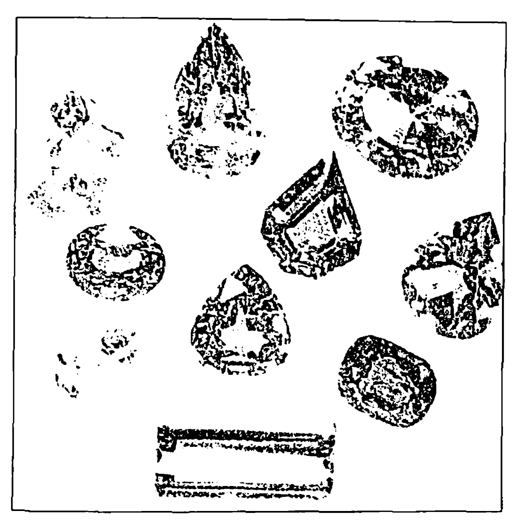
قبل أن يتم الحصول على الألنيوم بشكله النقي المعروف وبوقت طويل. كان هذا المعدن غالياً ونادراً للغاية. وكان استخلاصه شاقاً جراء ارتباطه بقوة مع الأكسجين والعناصر الأخرى التي تكثر في فلزاته الطبيعية. وحتى لفترة قصيرة خلت، كان يتوجب صرف كميات كبيرة من الطاقة للحصول عليه فقط عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألنيوم Al_2O_3 تحت درجة حرارة تصل حتى ٢٠٥٠ مئوية.

إلا أن الباحثين تمكنوا فيما بعد من ابتكار طريقة فعالة لتخفيض درجة حرارة انحلال أكسيد الألنيوم (في البوكسيت Bauxite) عن طريق مزجه مع فلز الكريوليت Cryolite المصهور الأمر الذي جعل هذه الدرجة تصل حتى ٩٥٠ فقط. وقد أدت هذه الطريقة الذكية إلى جعل الألنيوم من أرخص المعادن وأسهلها تداولاً.

ـ الفوائد والاستخدامات

يُستعمل قسم كبير من الألنيوم المنتج في العالم للحصول على السبائك والخلائط الخفيفة والمتينة في آن معاً. وهو المعدن الرئيسي في عالم صناعة الطيران. كما أنه مهم لصناعة السيارات والأوعية المنزلية وفي الصناعات الكيميائية والكهربائية. وكل ذلك بفضل الصفات التقنية التي يتمتع بها الألنيوم والتي تتلخص بالبنود التالية:

١) خفة الوزن والمتانة، التي تزداد بعد مزجه مع بعض المعادن الأخرى كالتوتياء والمغنيزيوم والنحاس.



يتواجد الألمنيوم في معظم هذه الأحجار الكريمة الجميلة. فهو يدخل في تركيب التورمالين الأخضر والأصفر Tourmaline (يسار وأعلى الصورة) على شكل بوروسيليكات الألميوم. والكريسوبيريل Chrysobéryl (يسار ومنتصف الصورة) على شكل ألومينات البريليوم. والسبينيل Spinell (الحجر الأزرق) في أسفل ومنتصف الصورة) على شكل ألومينات المغنيزيوم. والروبين الأحمر Rubis (يمين وأسفل الصورة) على شكل أكسيد الألميوم. والتوباز Topaz (أسفل ومنتصف الصورة)، على شكل سيليكات الألميوم المفلورة.

٢) الألمنيوم لا يصدأ ولا يتآكل بسبب حماية طبقة أكسيد الالمنيوم AL_2O_3 المتشكلة على السطح، لباقي جسم المعدن.

٣) الناقلية الجيدة للكهرباء والحرارة.

٤) قابلية التصنيع العالية. فهو قابل للطرق والسحب والتصفيح والكبس بسهولة واضحة في درجة الحرارة الطبيعية أو مع القليل من التسخين.

من أوجه استعمال الألمنيوم:

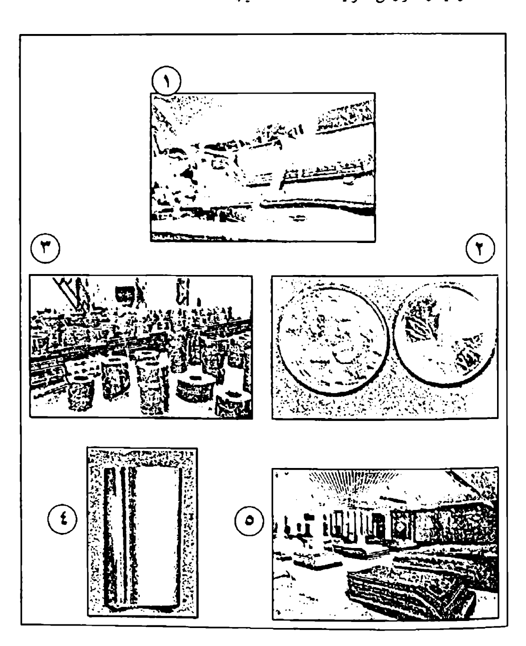
١ ـ التمديدات الكهربائية

٢ ـ سك النقود والسبائك الألمنيومية

٣ ـ الأوعية والكؤوس المنزلية

٤ ـ صنع الرقائق المعدنية للاستخدامات الصناعية

٥ ـ صبغ الأقمشة والسجاد على شكل مركب كبريتات الالمنيوم البوتاسية $KAL(SO_4)_2$.



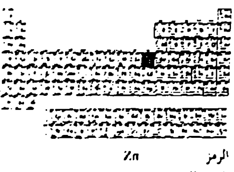


إن تشريح علبة المشروبات الحديثة المصنوعة من الألمنيوم يبين الخطوات التي يتعين على التصميم والهندسة تحقيقها على نحو متواصل. إن هدف صانعي العلب هو تخفيض كمية الألمنيوم اللازمة من دون التضحية بكمال بنية العلبة. ومع أن وزن العلبة حالياً ٠.٤٨ آونس تقريباً، فإن الصانعين يأملون بتخفيض وزنها نحو ٢٠

التوتياء Zincum

استطاع الإغريق منذ القرن الثاني ما قبل الميلاد صناعة الشبة النحاسية أو ما يُعرف باسم النحاس الأصفر Brass (خليط النحاس مع التوتياء). وهناك ما يُشير إلى أن صناعة تعدين التوتياء واستخلاصه بشكل نقي كانت قد بدأت في الهند والصين منذ بدايات القرن الثاني عشر ميلادي... أما في أوروبة فقد تأخرت هذه الصناعة ولم تظهر إلا بعد ذلك بكثير ففي العام ١٧٤٦، وصف العالم الألماني أندرياس مارغراف Andréas Margraf (١٧٠٩ ـ ١٧٨٢) طرق استخلاص التوتياء من فلز الكالامين Calamine وفلز السفاليريت Sphalérite مما أدى إلى البدء في تصنيع التوتياء أولاً بمصنع بريستول الشهير Bristol (بريطانيا) ثم في العديد من المصانع الأخرى فيما بعد.

تقوم عملية تعدين التوتياء على إرجاع فلز التوتياء الطبيعي ثم تبخيره وتكثيف هذه الأبخرة بعد ذلك في وعاء بارد خاص بذلك. أما السبب الرئيسي في تأخر تعدين التوتياء في أوروبة فكان سببه أن إرجاع هذا المعدن انطلاقاً من أكسيده بواسطة الفحم الحجري يتطلب التسخين إلى درجة حرارة تصل حتى ١٠٠٠ ـ ١١٠٠ درجة مئوية. في حين أن درجة غليان التوتياء ٩٠٦ فقط. والذي كان يحدث هو تشكل أبخرة التوتياء ثم تفاعلها مباشرة مع أكسجين الجو وتحولها مرة أخرى إلى أكسيد التوتياء ZnO وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية.



الرمز	Zn
العدد الذري	٣٠
الكتلة الذرية	٦٥،٣٨
حرارة الانصهار	٤١٩،٥
حرارة الغليان	٩٠٦



لوحة أثرية تمثل استخراج التوتياء في الصين.

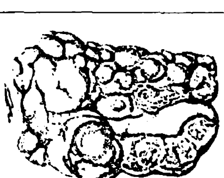
ـ التواجد في الطبيعة

ينتمي عنصر التوتياء إلى المعادن متوسطة الانتشار في الطبيعة. وفلزه الرئيسي هو البلند Blend أو السفاليريت *Sphalérite* ذو الصيغة الكيميائية ZnS والكالامين Calamine ذو الصيغة $ZnCO_3$ الذي كان يُدعى سابقاً باسم مكتشفه الأميركي سميث سونيت Smith Sonite.

أما التوتياء النقية فهي معدن لامع فضي اللون مائل للزرقة، فعاليته الكيميائية عالية. يكتسي إذا وجد بالهواء الطلق بطبقة رقيقة تتألف بنيتها الكيميائية من كربونات التوتياء $ZnCO_3$ وماءات التوتياء $Zn(OH)_2$ وليس أكسيد التوتياء ZnO كما يحدث لباقي المعادن عادة (الصدأ التقليدي). ذلك أن التوتياء تتفاعل مع أكسجين الجو والرطوبة العالقة في الهواء ومع حمض الكربون الضعيف الموجود في الهواء بآثار زهيدة. ونفس هذه الطبقة الرقيقة تتشكل بوجود الهواء الرطب على الحديد والمعادن الآخرى المطلية بالتوتياء، مما دعا إلى استخدام التوتياء لطلاء المعادن المختلفة المعرضة للعوامل الجوية بهدف حمايتها من الصدأ والتآكل (تقريباً نصف إنتاج التوتياء العالمي يذهب في هذا المجال).

ـ الفوائد والاستخدامات

إن أكسيد التوتياء ZnO مركب أساسي في



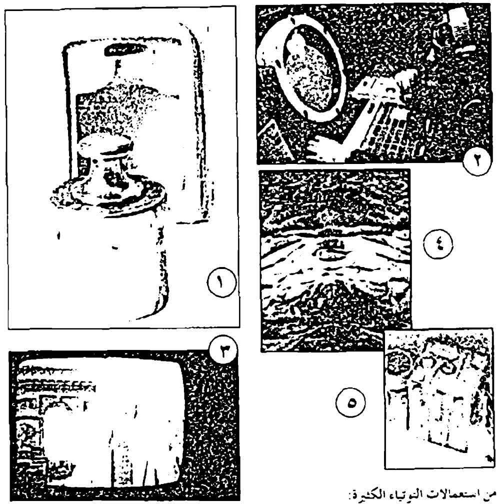
الكالامين Calamine أو كربونات التوتياء كان المصدر الرئيسي تقريباً لكل التوتياء الذي أنتج قبل عام ١٨٨٠. وبعد ذلك حل محله البلند Zinc Blend.



البلند Blend أهم خامات التوتياء وهو عادة بني مصفر أو أسود بني مصفر أو أسود ضارب الى البني.



ويلليميت Willémite من فلزات التوتياء الهامة أيضاً. يستخرج بشكل رئيسي في الولايات المتحدة الامريكية.



من استعمالات التوتياء الكثيرة:

١ ـ استعماله في صنع النحاس الأصفر (سبيكة النحاس مع التوتياء).

٢ ـ ٣ ـ يدخل في صنع شاشات الرادار وأجهزة التلفزيون.

٤ ـ يدخل كبريت الرصاص ZnS في صنع الدهانات.

٥ ـ يستعمل لصنع بعض أنواع الخلايا العلفانية.

تصنيع الزجاج حليبي اللون. ومراهم التوتياء الشهيرة التي تستخدم لمعالجة الالتهابات الجلدية. أما كبريت التوتياء ZnS فهو مركب يسطع بالضوء تحت تأثير الأشعة المهبطية (الإلكترونية). لذلك نراه يغطي شاشات التلفزيون والرادارات والأوسيلوغراف Oscillographe وسواها. وللتوتياء فوائد في مجال الطب أيضاً، حيث تستخدم أملاح التوتياء بوصفها مواد قابضة وكاوية (المرهم التوتيائي وسائل كلور التوتياء مثلاً).

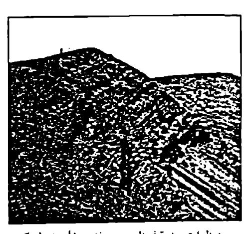
الزئبق Hydrargyrum

الزئبق عنصر نادر الوجود ومشتت من حيث التوزع الجغرافي. وعلى الرغم من ذلك فهو معروف منذ القدم. وأغلب الظن أن الإنسان كان قد تعرف لأول مرة على الزئبق من خلال استخلاصه من فلزه الرئيسي الذي يتواجد به وهو فلز الزنجفر Cinnabar ذو الصيغة HgS واللون الأحمر الصارخ. كما يشاهد هذا المعدن في الطبيعة أحيانا بشكل الحر الصرف.

الرمز	Hg
العدد الذري	٨٠
الكتلة الذرية	٢٠٠.٥٩
حرارة الانصهار	٣٨.٨٩
حرارة الغليان	٣٥٦.٦٦

- الصفات الفيزيائية

الزئبق معدن ثقيل (١٣.٥٢ غ/سم٣) ذو لون أبيض فضي لمّاع يبقى سائلاً في درجة حرارة الغرفة ويتبخر بشكل واضح فيها ليعطي أبخرة غاية في السمّية. وهو ينقل الحرارة والكهرباء بشكل سيّئ (أقل من الفضة بـ ٥٠ مرة). ومن صفاته الفيزيائية الأخرى أنه يحل محل العديد من المعادن مما يؤدي لتشكل ما يعرف باسم الملاغم amalgames.



يوجد الزئبق عادة في الصخور ذات الأصل البركاني وترسبات الينابيع الحارة التي تكثر في مثل هذه المناطق. في الصورة قمة مخروط بركان اناك كراكاتو Anak Krakatou في جافا Java (اندونيسيا).

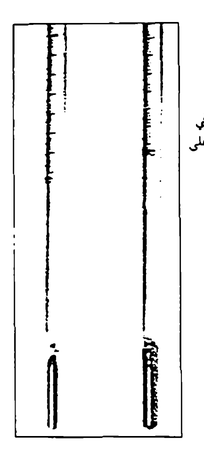
- الصفات الكيميائية

الزئبق معدن كسول كيميائياً، لا يتأكسد بأكسجين الهواء كسائر المعادن الثمينة الأخرى ولا يتفاعل مع باقي عناصر الهواء. وهو كي يتفاعل مع الأكسجين لا بد من تسخينه إلى درجة قريبة من درجة غليانه. ويذكر هنا أن العديد من المعادن

كالنوتياء مثلاً تسرع مثل هذا التفاعل.

يتفاعل الزئبق مع الهالوجينات الفعالة كيميائياً بشكل أسهل من تفاعله مع الأكسجين كما يستطيع التفاعل مع حمض الآزوت الكثيف ولدى تسخينه يتفاعل أيضاً مع حمض الكبريت.

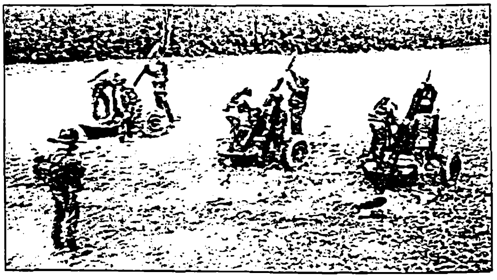
إن كل مركبات الزئبق سامة للغاية والعمل مع هذه المركبات يجب أن يتم بمنتهى الحذر حفاظاً على الصحة.



تحتوي موازين الحرارة في مخازنها على الزئبق الأبيض اللماع

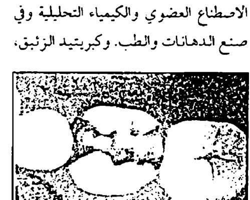
ـ الفوائد والاستخدامات

يُستخدم الزئبق بأشكال متعددة. وكل منا لا بد وأنه استعمل في يوم من الأيام ميزان الحرارة الزئبقي أو مقاييس الضغط الجوي ومقاييس الأنفاق المختلفة. ومنه تصنع أنواع

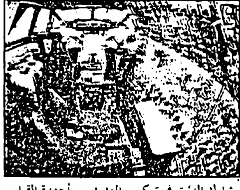


الزئبق المفرقع (سيانات الزئبق) $Hg(ONC)_2$ مادة شديدة الانفجار تستعمل في كبسولات الانفجار وأجهزة التفجير.

المصابيح الخاصة المعروفة باسم المصابيح الزئبقية (أنابيب تحتوي على أبخرة الزئبق تعطي لدى مرور الشحنة الكهربائية فيها ضوءاً أزرق ساطعاً). أما اكسيد الزئبق HgO فهو مادة حمراء تستعمل كمؤكسد في الاصطناع العضوي والكيمياء التحليلية وفي صنع الدهانات والطب. وكبريتيد الزئبق، الزنجفر، مادة حمراء تستعمل كطلاء. ويعرف كلوريد الزئبق $HgCl_2$ باسم السليماني، السم القوي الشهير الذي يستعمل كمعقم في الطب ولتطهير البذور في الزراعة. وكوسيط في الكيمياء العضوية ولتشريب الخشب والتصوير ولصبغ الأقمشة وصناعة الأدوية ومجالات كثيرة أخرى.



يدخل الزئبق في تركيب حشوات الأسنان المعدنية (الملاغم Amalgames) التي تتألف من ٤٣٪ فضة و٢٥،٤٪ نحاس و٢٪ زئبق و٢٩،٦٪ قصدير.



يشارك الزئبق في تركيب العديد من أجهزة القياس المختلفة الموجودة في غرفة قيادة هذه الطائرة.

النحاس Cuprum

يدخل النحاس في بنية أكثر من ١٧٠ فلز طبيعي، منها ١٧ فلز هام من الناحية الاقتصادية الصناعية. ويعتبر البيريت Pyrite ذو الصيغة Cu Fe S2 من أهم هذه الفلزات وأكثرها استخداماً لاستخراج هذا المعدن. وأحياناً يُصادف النحاس في الطبيعة بالشكل النقي.

النحاس النقي معدن ثقيل كثيف. تبلغ

الرمز	Cu
العدد الذري	٢٩
الكتلة الذرية	٦٣،٥٤٦
حرارة الانصهار	١٠٨٣
حرارة الغليان	٢٦٠٠

كثافته ٨،٩٦ غ/سم٣. ذو لون أحمر، يُعطي إذا قُطِّعَ إلى طبقات رقيقة ألواناً زرقاء ـ خضراء. وهذه الألوان هي نفسها التي تشاهد في العديد من مركبات النحاس سواء الموجودة في الحالة الصلبة أم المنحلة في السوائل.

مع مرور الزمن وبوجود الرطوبة تكتسي المصنوعات والمواد التي تحتوي على النحاس ومركباته بطبقة خضراء داكنة صيغتها $Cu_2(OH)_2CO_3$. وهذه الصيغة هي نفسها صيغة المالاكيت Malachite، الفلز النحاسي الجميل والهام في آن معاً.

ـ الصفات الكيميائية

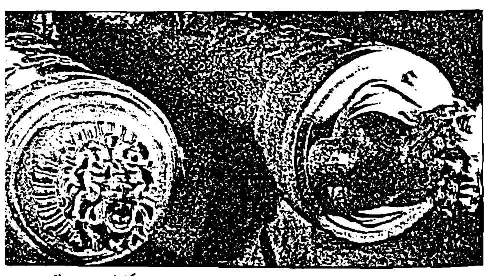
النحاس معدن قليل الفعالية نسبياً من



مكعب من البيريت $CuFeS_2$

الناحية الكيميائية. لا يتأكسد في الهو الجاف وفي جو من الأكسجين في الظروف الطبيعية (لا يصدأ). إلا أنه يدخل التفاع بسهولة نسبية مع الهالوجينات والكبري والسيلينيوم.

وهو واحد من السبعة معادن المشهو والمعروفة منذ القدم، لدرجة أن أطل المؤرخون اسم «العصر النحاسي» عل عصر طويل من عصور البشرية. كما دُع

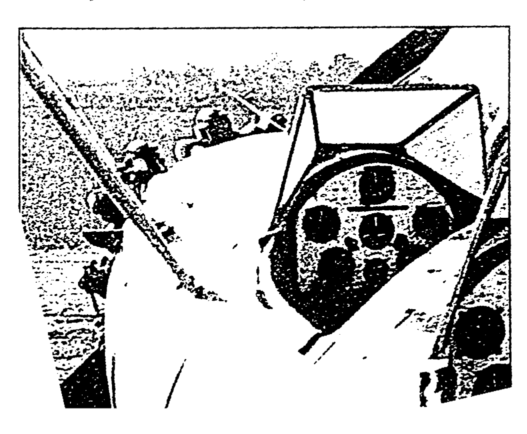


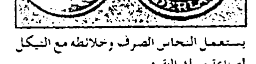
مدافع ايطالية تعود الى القرن السادس عشر مصنوعة من البرونز. (سبيكة النحاس مع القصدير)

عصر طويل آخر بالعصر البرونزي. والبرونز هو سبيكة النحاس مع القصدير. علماً بأن السبائك البرونزية قد لا تحتوي على القصدير لأن العديد من العناصر الاخرى كالألمنيوم والسيليسيوم والرصاص والبيريليوم يستطيع أن يحل محله إلى جانب النحاس في مثل هذه السبائك. البرونز أقوى من النحاس من حيث القساوة والمتانة. كما أن شَبَّة النحاس أو النحاس الأصفر Brass، مركبٌ هام آخر من مركبات النحاس التي يدخل في تركيبها عنصر التوتياء بشكل رئيسي. وتلعب سبائك النحاس مع النيكل التي يدخل في تركيبها عنصر الكوبالت أيضاً أدواراً متعددة هامة أخرى.

ـ الفوائد والاستخدامات

للنحاس أهمية خاصة في صناعة الكهرباء لأنه يحتل المرتبة الثانية من حيث الناقلية الجيدة بعد الفضة. إلا أنه في الصناعات

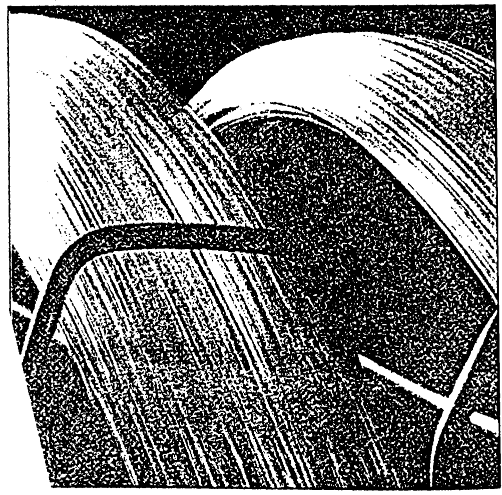




يستعمل النحاس الصرف وخلائطه مع النيكل لصناعة وسك النقود.



تستخدم أملاح النحاس السامة في القضاء على الحشرات الضارة بالمزروعات وكسماد مغذ أيضاً.



غدائر النحاس الذهبية الجميلة، عصب الصناعات الكهربائية.

الحديثة يُستبدَل النحاس، الذي كان يذهب نصف ما يُستخرج منه عالمياً، إلى صناعة الأسلاك الكهربائية وما شابه ذلك، بالألمنيوم. لكونه أسهل استخراجاً وأوفر ثمناً، علماً بأنه أسوأ من حيث الناقلية. والنحاس من المعادن الآخذة بالانقراض إذا صح التعبير، نظراً لاستعمال البشرية المتزايد له على مدى القرون الطويلة. وإذا كان المنجم النحاسي الذي يحتوي على ٦ ـ ٩٪ من خاماته نحاساً، يعتبر جيداً في القرن التاسع عشر، فاليوم يكفي ٥٪ فقط لاعتبار هذا المنجم اقتصادياً. وهناك بعض الدول التي تستخرج النحاس من مناجم تحتوي ٠،٥٪ فقط من خاماتها نُحاساً.

أهمية النحاس بالنسبة للحياة كبيرة. فهو يدخل في عمليات التركيب الضوئي Photosynthèse ويُشارك في تَمَثُّل ASSIMILATION العديد من المواد كالسكريات والبروتينات والفيتامينات. وبالنسبة للإنسان على وجه التحديد يتمثل عوز النحاس Carence de Cuivre بازدياد مستوى الكوليسترول في الدم ونزع المعادن من العظام وفقر الدم وهشاشة الشرايين الكبيرة. ذلك أن النحاس ضروري لعمل عشرات الأنظيمات Enzymes الهامة لاستقلاب Métabolisme الجسم القويم.

الذهب Aurum

الذهب معدنٌ نادرٌ يتواجد بكميات قليلة جداً في القشرة الأرضية وبالشكل النقي دائماً على هيئة عروق أو حبات (أحجار صغيرة) ذهبية ضئيلة الحجم تتوضع في مناجم الذهب أو مبعثرة في الرمال الحاملة للذهب. في أيامنا هذه يُعتبر المنجم معترفاً به إذا تم الكشف عن بضعة غرامات من الذهب لكل طن كامل من الخام الحامل له. وتُعتبر طريقة حل الذهب بواسطة سيانيد

الرمز	Au
العدد الذري	٧٩
الكتلة الذرية	١٩٦،٩٦٧
حرارة الانصهار	١٠٦٤
حرارة الغليان	٢٩٤٧

الصوديوم، الطريقة الأكثر أهمية بعملية تخليص الذهب من الشوائب العالقة به. كما يستخلص الذهب أحياناً أثناء استخراج فلزات النحاس والفلزات المركبة الأخرى. في العصور القديمة، اعتبر العاملون في مجال الكيمياء أن الذهب «ملك المعادن». وذلك لشكله الأنيق الجذاب، وعدم تغير بريقه مع الزمن ومقاومته لكل المواد الأخرى. فهو لا يتفاعل مع الأكسجين والهيدروجين والكربون والآزوت والحموض والقلويات حتى عند التسخين. أما المواد التي تؤثر عليه فهي خليط حمض الآزوت وحمض كلور الماء، وماء الكلور ومحاليل سيانيدات المعادن



قطعة حلي ذهبية كانت تستخدم لربط الحزام على الخصر. تعود لأحد أمراء التزتار Tartares الذين بسطوا نفوذهم من سيبريا الشرقية الى مولدافيا Moldavia ما بين القرن الثالث عشر والرابع عشر ميلادي.



وألقى الشرق منها في ثيابي دنانير تفر من البنان

القلوية كالصوديوم مثلاً. وبالإمكان الحصول على ثلاثي كلور الذهب بتفاعل الكلور مع الذهب مباشرة تحت درجة حرارة ١٥٠ فقط.

$$2Au + 3Cl_2 = 2AuCl_3$$

كلور الذهب   الكلور   الذهب

- الفوائد والاستخدامات

ليس الذهب معدن الصاغة والإيداعات المصرفية ووحدات النقد فقط، بل هو مهم من الناحية الكيميائية أيضاً ويستعمل في طب الاسنان والصناعات الإلكترونية على شكل سبائك من البلاتين والفضة. أما في ورشات الصياغة فلا يُستعمل الذهب الصافي أبداً، بل خلائط وسبائك الذهب مع النحاس والفضة. لأن الذهب النقي لين يمكن حزه بالأظافر وتشويه صورته بالأيدي.